Implementing drawing in science and engineering education

An implementation plan for O&O education

Master Thesis
Guusje Bruin

TU Delft

July 2026

Implementing drawing in science and engineering education

An implementation plan for O&O education

Guusje Henriëtte Jeanne-Marie Bruin

Master Thesis
Master Integrated Product Design
Faculty of industrial Design Engineering
Delft University of Technology

Supervisory team
Jan Willem Hoftijzer
Mark Sypestyn
Eveline Holla

July 2026

Preface

When I first started doing research for this thesis and people asked me what my graduation project was about, I used to answer: “It’s about drawing…”. After which I would smile self-consciously, hedging my answer. It felt as though I had to justify what I was working on, every time someone new would ask that question. At first, I thought: “That’s not weird, drawing is hardly the kind of topic one would associate with academic research”. But once I found myself reacting the same way over and over again, I became aware of the fact that I had become one of the people that diminishes the value of drawing, even though I was writing a whole report about how damn important it is.

From now on, whenever people ask me, “So what did you actually graduate in?”, I hereby promise I will answer with all the knowledge, passion, and love I have gained for the subject: through writing this thesis, through the many hours spent assisting in Design Drawing classes, and through the countless afternoons of my childhood, sitting at the kitchen table with a pencil in my hand and a sheet of paper before me.

This report will tell (and show!) the reader the value of drawing, specifically in the field of science and engineering education. Furthermore, it proposes a strategic framework for the implementation of drawing within an educational context. If this research has shown anything, it is that drawing is far more than a supportive skill on the margins of education. It is not an accessory to thinking; it is thinking. Beyond that, it is also a powerful means of communication, allowing ideas to be made visible, shared, and collectively developed. Especially in science and engineering education, it has the potential to bridge the gap between abstract knowledge and tangible insight. The question is no longer whether drawing belongs in academia, but how fully we are willing to embrace what it offers.

Guusje



Figure 1 | This is me telling everyone my this is about drawing.

Acknowledgements

The people who know me well know that I am highly motivated to complete projects such as this in a thorough and professional manner, but also that I can be sensitive to stress. However, I do not think I have ever completed a project with so little stress. Part of this is undoubtedly because, after eight years of studying, I have finally learned how to manage my stress levels more effectively :) . Just as importantly, however, the people who have surrounded me over the past four months have played a vital role in keeping me grounded. Their presence, support, and encouragement have made a real difference, and I am deeply grateful to them for that.

First, I would like to thank my supervisory team from IDE. Thank you for creating a graduation project that suited me so well. It was a pleasure to step into your shoes for a change and experience what it is like to conduct research on drawing, a passion and hobby that we all share.

Jan Willem, thank you for regularly checking in with me while I was assisting with the drawing courses. Those moments gave me the opportunity to share my thoughts and concerns in a relaxed setting. Thank you as well for your understanding regarding my RSI complaints. Your holistic perspective during our coaching meetings was often different from my own and helped me view challenges from a new angle. Finally, thank you for allowing me to assist during the drawing classes throughout my thesis period. Without the distraction, change of scenery, and the laughs I shared with the students, I think I might have drowned in my thesis work.

Mark, thank you for your eye for detail. I often find myself focusing on the bigger picture rather than the finer points, so your feedback was greatly appreciated. Beyond this project, I would also like to thank you for the live figure-drawing classes. The enthusiasm you bring to drawing and painting is truly inspiring, and you have a special talent for sharing that passion with both students and colleagues alike.

I would also like to thank Eveline and Leonie, my supervisors and advisors from Wetenschapsknooppunt TU Delft.

Eveline, thank you for your seemingly endless enthusiasm for this project. On several occasions, our words gave me the confidence and courage to keep moving forward and to trust the outcome. Your loud laughter echoing through the hallway often brought a smile to my face while I was working away in the solitude of the graduation office.

Leonie, although you were only my supervisor for a relatively short period, you deserve a prominent place in these acknowledgements. Thank you for initiating this project and for sharing your enthusiasm from the very beginning. The way you would occasionally ask how I was doing, always with a warm smile, meant more to me than you probably realised. Thank you as well for organising the Crafternoon. It was wonderful to see an entire department enjoy being creative together, it reminded me that I am exactly where I belong.

A special thank you goes to everyone at Stichting Technasium, as well as all the teachers and students with whom I had the opportunity to discuss and develop this project. Without your insights, feedback, and willingness to participate, this research would not have been possible. I hope that Studio Schets can give something back in return for all the support you have provided.

Next, I would like to thank all my friends and family. Whenever I am working on a project like this, I tend to disappear into my own little world, and I am certain that some people have had more than their fair share of that over the past months. I would especially like to thank my parents, Rinske, and Noortje for responding to my many stress-filled messages about creative decisions and design choices. Your input is always incredibly valuable, and I feel very fortunate to be surrounded by so many creative family members. I would also like to thank Shane for all your support. Graduating together is not something I would necessarily recommend, but somehow, we made it through in one piece, shared the struggles, and came out the other side happier for it.

Finally, thank you to everyone who takes the time to read this report. Knowing that my work will be seen and used makes all the effort worthwhile.

Executive Summary

This thesis investigates the role of drawing as a cognitive and design tool in science and engineering education, with a specific focus on O&O (Onderzoek & Ontwerpen) education. On the page on the right, a visual overview illustrates the process followed during this graduation project. The report is structured in line with the sequence of the research process.

DISCOVER

The discovery phase of the research focuses on building a knowledge base that covers the most important topics within the study, ultimately leading to an answer to the main research question. This was achieved through an extensive literature review and by gaining a deeper understanding of the case-study context (O&O education) via in-depth interviews with O&O teachers and specialists.

DEFINE

In the “define” phase of the process, the problem space was redefined by strategically mapping all stakeholders within the O&O context to identify a case-specific gap that could be addressed through a design solution. The different organisational levels of the O&O context were brought into focus. This phase outlines what changes are required at each level and which implementation elements are needed to achieve this positive change. All of this was based on the barriers to implementing drawing that were identified in the previous (discovery) phase.

DEVELOP

The next phase focuses on concept development. The implementation elements defined in the previous phase are translated into concrete designs, marking the start of the design process. Multiple ideas were generated, and the most promising concepts were selected for further development. An initial version of the final concept was tested in a classroom setting with students and teachers. The results showed that the concept required further refinement. Following an additional development phase, a second version of the final concept was produced and tested again. Both versions of the concept consisted of three components, each designed to be implemented at different organisational levels within the O&O context.

DELIVER

The final phase of the project was the delivery phase. This phase primarily focused on testing and evaluating the final prototype and the creation and communication of an implementation strategy for all three organisation levels of the context.

Structure of the report

This report consists of the four sections shown above, each consisting of multiple chapters.

Discover section
Chapter 1
Chapter 2
Chapter 3
Chapter ...

Define section
Chapter 7
Chapter 8
Chapter 9

Develop section
Chapter 10
Chapter 11
Chapter 12
Chapter ...

Deliver section
Chapter 19
Chapter 20
Chapter 21
Chapter 22

Figure 2 | Schematic representation of report structure



DISCOVER

Literature Resarch

Literature research provides key insights into relevant subtopics within the thesis and ultimately highlights the importance of drawing in science and engineering education.

Empirical Research

Interviews with teachers helped to clearly identify the key barriers to implementation.

DEFINE

Defining the problem

Through reframing of the problem-space and visualising the context, the problem definition became clear.
Gaps → required changes → proposed implentation

DEVELOP

Development implementation elements version 1

Development of DRWCRDS, the teacher- and studentmanual and the learning pathway.

Testing DRWCRDS

Testing DRWCRDS in the O&O educational setting with students and teachers.

Development of implementation elements version 2

Development of Studio Schets, the workshop and the advisory report.

DELIVER

Testing and Evaluation of Studio Schets

Figure 3 | Visual executive summary

Table of contents

Preface 3
Acknowledgements 4
Executive summary 5
Table of contents 7
Definitions & AI-statement 8
Introduction 9

Discover Section 12

1 The context: What is O&O? 13
2 Target Group: The adolescent learner 17
3 Why drawing matters 23
4 (Technical) drawing tools 35
5 Barriers to the integration of drawing in science and engineering education 39
6 Summary and Conclusion 49

Define Section 51

7 Reframing the problemspace 53
8 Visualizing the context 57
9 Solution: Implementation plan 71

Develop Section 73

10 Idea generation and selection 75
11 Concept development: DRWCRDS 89
12 Testing the concept: DRWCRDS 107
13 Design refinement 115
14 Concept development: Studio Schets 121
15 Concept development: Physical Design 131
16 Concept development: Workshop & Advisory Report 137
17 Testing the concept: Studio Schets 139

Deliver Section 147

18 Alignment Research & Design requirements 149
19 Implementation strategy 155
20 Discussion 161
21 Conclusion 165
22 Recommendations 167

References 169
Appendix 175

Definitions

Onderzoek & Ontwerpen

Onderzoek & Ontwerpen (O&O) is a highschool subject in the Netherlands. The name (Onderzoek & Ontwerpen) translates to Research & Design. The subject was created to introduce students to the STEM sector early in their educational lives in the form of project-based education with an external client. Chapter 1 elaborated on the subject.

STEM Education

STEM education is an interdisciplinary educational approach that combines science, technology, engineering, and mathematics to help students develop technical knowledge, problem-solving skills, and design thinking through real-world and project-based learning activities.

Free-hand Sketching

For the purpose of this study, we define free-hand sketching as creating a sketch without the use of any digital tools. In other words, it is a technique that uses only a drawing instrument (pen, pencil, etc.) and a surface on which to sketch (paper, cardboard, or any other non-digital surface).

Why focus on Free-hand sketching?

This project will focus on the implementation of free-hand sketching in O&O. There are a lot of different ways to draw and to use sketching in a design proces. In this project, the focus lies on free-hand sketching. Which means that the drawing is made by hand without the use of tools such as rulers, compasses, or stencils. This can be done on paper (analog) or digital (with a tablet or drawing pad).

Distinction between Design education and a design process in science and engineering education

In this project we will investigate the implementation of drawing in science and engineering education. There are of course studies (such as industrial design or architecture) that are ‘design’ studies in itself. It is important to understand that this research looks at design-processes in science and engineering education, not only a design process in design education.

AI-statement

Artificial intelligence (ChatGPT, OpenAI, GPT-5, free version) was used as a supporting tool during the writing process of this project. It was primarily used to review grammar, improve the clarity and structure of the text, and provide suggestions for writing style. All ideas, analyses, decisions, and conclusions presented in this report are my own. Any suggestions provided by the AI were carefully reviewed, verified, and adapted where necessary to ensure the accuracy, relevance, and academic integrity of the final work.

Introduction

Leonardo da Vinci was one of the most important and influential scientists and engineers of all time. He explored a wide range of ideas, including flying machines, anatomical systems, hydraulics, and mechanical designs. He combined art, science, and engineering to better understand how nature and technology work. Drawing was one of his most important methods for developing and communicating his ideas. Notably, he was not the only scientist to rely on this method. Nikola Tesla, Isambard Kingdom Brunel, and Robert Hooke were all influential scientists and engineers who used drawings to communicate their inventions and discoveries.

Today, freehand sketching is gradually disappearing from science and engineering education. In fields such as biology and medicine, photographs are commonly used to depict objects being studied. In engineering education, various types of computer-aided design (CAD) software allow students to design new inventions, making simple paper-and-pencil sketches seem outdated or less reliable. Even in design education, drawing is increasingly being overlooked as an essential design tool. This raises an important question: Are we right to abandon drawing as an academic tool, or are we overlooking its value?

This research project will investigate the importance of drawing as a design tool in science and engineering education. It will explore ways to implement or reimplement drawing as a cognitive tool for learning, reasoning, and communication within these disciplines.

Context of the study

This study focuses on the role of drawing as a cognitive and design tool in Onderzoek & Ontwerpen (O&O) education at the secondary school level. O&O is a project-based subject designed to introduce students to real-world practices in science and engineering by engaging them in authentic design and research challenges. Within this context, drawing has the potential to support students in visualizing ideas, reasoning through problems, and communicating solutions. However, the use of drawing within O&O varies significantly between schools, with some integrating sketching as a key design method and others relying primarily on digital tools or written communication. The following research question has been set up to explore the importance of drawing and its influence on learning and design outcomes:

What role does drawing play as a cognitive and design tool in O&O education, and how can it be effectively implemented to support learning, reasoning, and communication in science and engineering contexts?

This question has been split up in 3 sub questions:

- What is O&O education, and who are the stakeholders involved?
- Which factors affect stakeholders' perceptions, attitudes, and use of drawing within O&O education?
- How can drawing contribute to learning processes and knowledge development in science and engineering education?

These questions were set up to create an overview of the design problem.

After answering these research questions, a design solution is developed and proposed to address the problem.

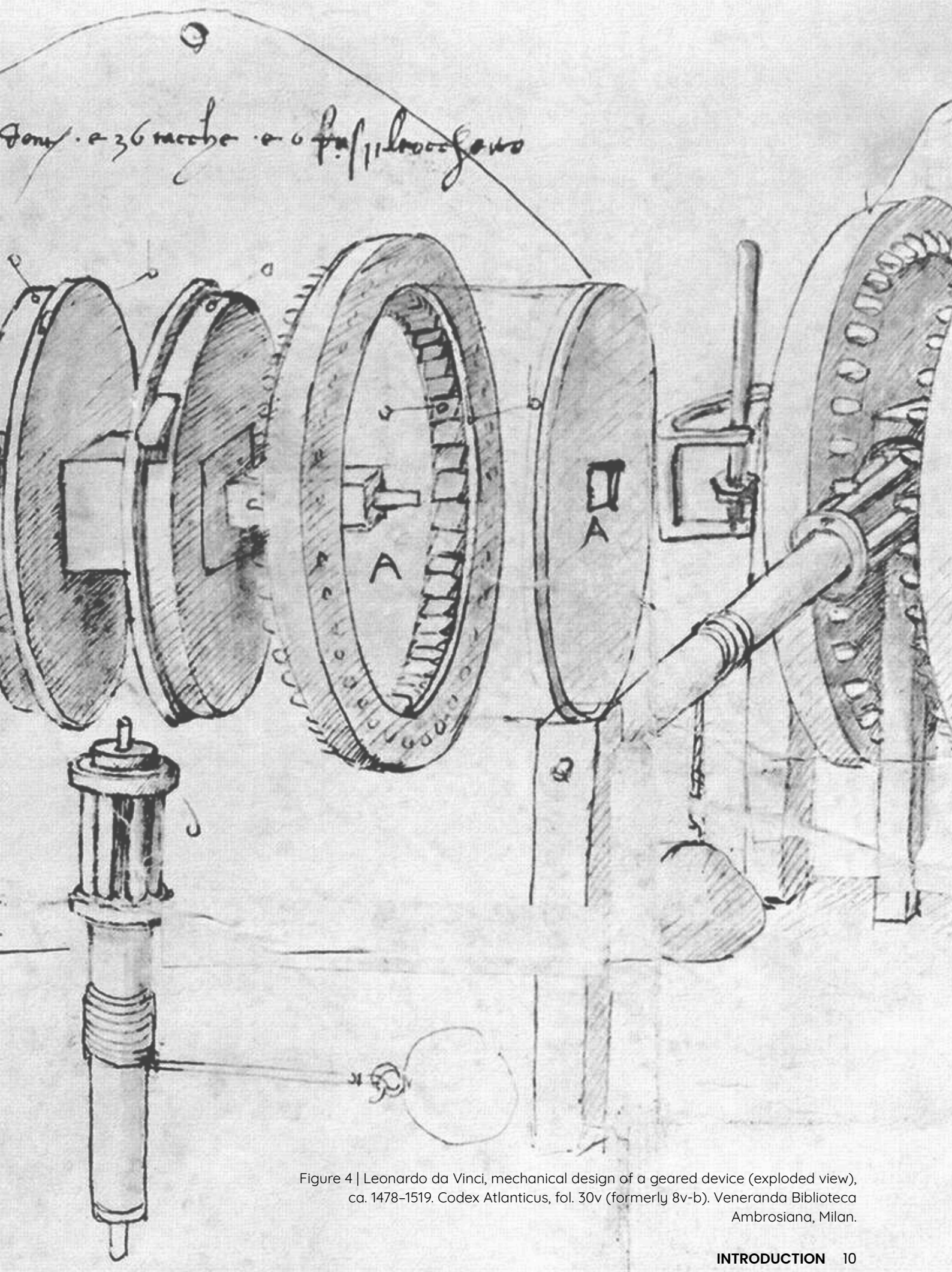


Figure 4 | Leonardo da Vinci, mechanical design of a geared device (exploded view), ca. 1478–1519. Codex Atlanticus, fol. 30v (formerly 8v-b). Veneranda Biblioteca Ambrosiana, Milan.

DISCOVER

Section Introduction

This chapter presents the research into the context and stakeholders related to the problem statement. Through an extensive literature review, a clearer understanding of both the context and the target group is established. The central theme: 'drawing' is explored in depth, examining its relevance and applications within the context of O&O. In addition to a literature study, an empirical study with O&O professionals is conducted to provide further insight into how the context manifests in practice.
To ensure a structured research process, the following overarching research questions have been formulated:

- Framing the research context: What is O&O education, and who are the stakeholders involved?
- Which factors affect stakeholders' perceptions, attitudes, and use of drawing within O&O education?
- How can drawing contribute to learning processes and knowledge development in science and engineering education?

At the beginning of each chapter is indicated which research questions will be (partially) addressed in that chapter.
The overview below shows how different chapters in the "discovery"-phase relate to each other.

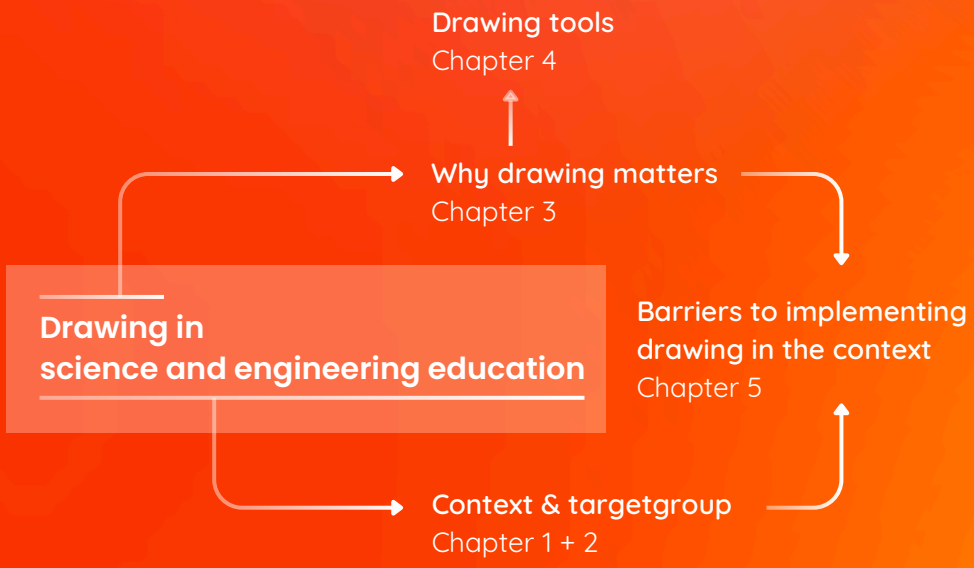


Figure 5 | Discover Section-overview

Section contents

1 The context: What is O&O? 13
2 Target Group: The adolescent learner 17
3 Why drawing matters 23
4 (Technical) drawing tools 35
5 Barriers to the integration of drawing in science and engineering education 39
6 Summary and Conclusion 49

1

The context: What is O&O?

Literature and empirical research

This chapter provides essential context for understanding the educational environment in which this research is situated. By outlining the structure, objectives, and practical implementation of O&O (Onderzoek en Ontwerpen), it clarifies how students engage with design and research processes in a real-world, project-based setting. This outline is important because the effectiveness of a design solution depends on how well it aligns with the existing curriculum, teaching practices, and assessment methods. Additionally, insight into the role of teachers and the variability between schools highlights potential challenges and opportunities for implementation of the design. Together, this context forms the foundation for identifying gaps and formulating a relevant and feasible design solution.

In 2003, Judith Lechner and Boris Wanders designed the course O&O (Onderzoek & Ontwerpen), or in English: Research & Design. They did this because they observed a disconnect between education and the business world (particularly in STEM companies). The objective of the O&O Program is therefore to prepare students for educational programs and professions in the STEM sector by exposing them to research- or design-questions from companies and institutions within the sector. Another objective is to enable students to apply their knowledge to current and company-specific issues in the world of STEM (Schalk et al., 2014). This stimulates their development into competent designers or researchers. Within the Dutch educational context, the subject O&O is exclusively offered at Technasium schools and functions as the core vehicle through which the foundations philosophy of real-world, project-based STEM education is implemented. The name Technasium is registered as a trademark, and the rights are managed by the Technasium Foundation, which was established in June 2004. Over the years, the number of Technasia has grown from five in 2004 to 109 schools in 2026 (Technasium schools - Technasium, 2024). The strong growth in the number of Technasia can be explained by the increasing demand for technically trained professionals and the desire to better align education with

developments within the STEM labour market (Stichting Platform Bèta en Techniek et al., 2021). Since 2007-2008, O&O has also officially been an examination subject (Schalk et al., 2014). In collaboration with the SLO (Foundation for Curriculum Development), the Technasium Foundation regularly adapts the subject's examination material based on recent innovations, needs, and advancements within the STEM sector.

1.1 O&O in practice

The O&O program therefore prepares students for educational programs and professions in the STEM sector of society. This involves students from both HAVO and VWO, in all classes (from the first year through the final year). Although a student can take a final exam in the subject of Research & Design (O&O), there is no central exam. Students only take a school exam to complete the subject.
To introduce students to science and technology industries, the program is taught in a unique way. The course offers 3-4 projects per school year, which students must carry out in groups. Projects are set up by teachers from the school itself, and always in collaboration with an external client. These clients are (usually) companies, organizations, or individuals from the science and technology sector and can range from architectural firms to municipalities to companies in the shipping or mechanical engineering industries. The external stakeholder introduces a problem that arises within their company or organisation. It is the students' task to solve that problem within a timeframe of approximately 8 to 10 weeks. The project is either a research project or a design project (following the steps of the research or the design cycle, see figure 6 on the next page).

An example of an O&O project is Robotics on Mars. In this project, students will design an autonomous robot for Space Expo (a space museum) that performs tasks such as moving a living module and covering it with sand. In doing so, they demonstrate the role of robotics in a future Mars colony.

The assignments are often either research-focused or design-focused. Consequently, the process they follow is based on either the research circle or the design circle. An example of this is shown above. Many schools work with their own methods and therefore use variations on the circles shown in Figure 6. The approach they take to support students during the learning process varies greatly. This depends not only on the type of project the students are undertaking but is also influenced by the role the client plays in the process, the vision and expertise of the teacher teaching O&O, the skills workshops offered, and the school's methods and approach.

1.1.1 Learning Objectives

At the end of the project, the students present their research or design outcome to the external client. Students are primarily assessed on their project-based work. Therefore, the assessment focuses more on the process than on the result. The students receive a group grade as well as an individual grade to evaluate and reward group development and personal development separately. Because every school uses its own research and design methods, the work process that students follow varies from school to school and is therefore difficult to describe. However, schools make a clear distinction between Learning objectives and skills:

The learning objectives are divided into several domains that together cover the full scope of the subject. Domain A focuses on general skills, such as communicating, collaborating, researching, and designing. Domain B addresses ways of thinking and working within research and design, including inventiveness, project-based work, and an entrepreneurial and customer-oriented approach. Domain C emphasizes core qualities like the ability to learn and awareness of quality. Finally, Domain D relates to

the worlds of science and technology, outlining the key areas students need to explore to develop a broad understanding of applications within these fields (Schalk et al., 2014). This describes the learning objectives list that is currently being used by schools. The new list is in progress of publication (expected in 2027).

1.1.2 Skills

Skills support students in achieving the learning objectives. They are often taught to students in the form of workshops or training learning pathways. Some examples of taught skills are technical drawing, reflective thinking, but also the use of programs such as SketchUp and SolidWorks. Which skills and associated training are offered is determined by the school itself. Consequently, this too varies greatly from school to school.

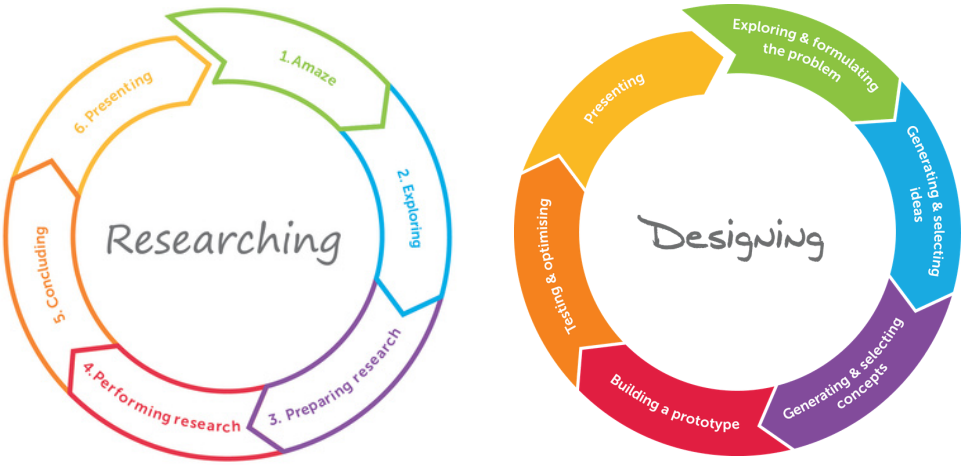


Figure 6 | The Research and Design circle, (Klapwijk & Holla, 2018)

1.2 The role of the Teacher

In principle, O&O is taught by teachers with a background in the science and technology field. They obtained a qualification at one of the three technical universities in the Netherlands where the teacher training for O&O teachers is located. However, people from outside the technical sector can also become O&O teachers. To do so, they must complete the Technasium Academy. For professionals who wish to become O&O teachers, a course has been designed that qualifies them to teach O&O in the lower grades upon completion. As a result, O&O teachers have many different professional backgrounds (from musician to English teacher).
For lower grade students the projects are pre-written by the teachers at the school. They reach out to external companies for applicable assignments. The teacher holds a coaching roll. That guides the students through the project by helping them when it comes to projects-specific tasks, teamwork and time management. In the upper grades, students are expected to manage the project all by themselves. They must reach out to external parties to ask them for a project they can work on and must formulate the project themselves. The teacher has an advisory role in these classes.

Key insights chapter 1

- O&O is a project-based STEM subject designed to bridge the gap between education and the professional STEM sector.
- Assessment in O&O focuses primarily on the design and research process rather than solely on final outcomes.
- Implementation of O&O varies significantly between schools.
- Skills training plays a supporting role but is not standardized across schools.
- Teachers play a central role as facilitators and advisors within the O&O learning process.
- The diversity of teacher backgrounds contributes to variation in teaching approaches and expertise.

Framing the research context: What is O&O education, and who are the stakeholders involved?

Which factors affect stakeholders' perceptions, attitudes, and use of drawing within O&O education?

2

The target group: The adolescent learner

Literature research

This chapter provides insight into the cognitive, emotional, and social development of early adolescents, the primary target group of this research. Understanding these developmental characteristics is essential for designing an effective solution, as it influences how students think, learn, and engage within the O&O context. Factors such as developing abstract thinking, intrinsic motivation, and sensitivity to insecurity directly impact how students approach tasks like drawing and design. Additionally, the influence of the digital world highlights challenges related to attention, self-esteem, and learning behaviour. Together, these insights inform the design requirements by ensuring that the solution aligns with the needs, capabilities, and limitations of the target group.

2.1 Cognitive, emotional and social development of the modern early adolescent

To be able to find a solution to the design problem it is important to understand the target-group. This chapter therefore focuses on early adolescents aged 12 to 15 years, as this group will be the primary target group of the design.
Early Adolescence is a distinct developmental phase characterised by cognitive, emotional and social changes. This study primarily draws on classic developmental theories, as these frameworks continue to be referenced in contemporary research on adolescent development. They provide a theoretical framework for understanding of developmental processes during adolescence. The literature review addresses three main developmental theory categories that are important to cover within this review to understand the early adolescent.

2.1.1 Developmental theories of the (early) adolescence

Psycho-analytical theories of adolescence

These theories cover the development of emotion during adolescence. This developmental phase is directed by unconscious aspirations or drives: 'Storm and Stress' (Slot & Van Aken, 2013). Part of this emotional development is the development of the adult form of sexuality (Freud, 1905). There are two special mechanisms that play a role during emotional development in the adolescent phase.

- Asceticism: The adolescent denies themselves all pleasure for fear of losing control over their sexual impulses.
- Intellectualization: Important emotional and personal conflicts are stripped of emotion, thus taking on an abstract or even philosophical character. (Miller, 1989)

Another important characteristic of this developmental phase is that during adolescence, the child psychologically or emotionally distances themselves from the parent's internal representations through interaction with people outside the family. This is called the second separation-individuation phase (Blos, 1979).

Sociocultural theories of adolescence

These theories discuss the development of the adolescent in relation with their surroundings and (cultural) context. Margaret Mead (1928) said in her research that the way our Western society treats young people also has a significant impact on emotional turmoil. The "storm and stress" that young people experience is to a certain extent dependent on the broader cultural context. Mmari et al. (2021) also showed in their study that other socio-cultural factors such as gender, neighbourhood and for instance social media use all have a big influence on the development of young adolescents.

Cognitive theories of adolescence

These theories cover the development of the mind. In early adolescence, you develop the ability to reason abstractly. This is called formal operational thinking (Piaget, 1977). Adolescents can reflect on their own thinking. Reality becomes subordinate to what is possible, because they realize that the world we live in is only one of many possibilities. As a result, young people tend toward idealism. They develop philosophical, ethical, and political frameworks to improve the world, but are naive in this regard ("everything is possible") (Moshman, 2011). Because Cognitive theories are most relevant for this research, the following chapter will cover the topic in more detail.

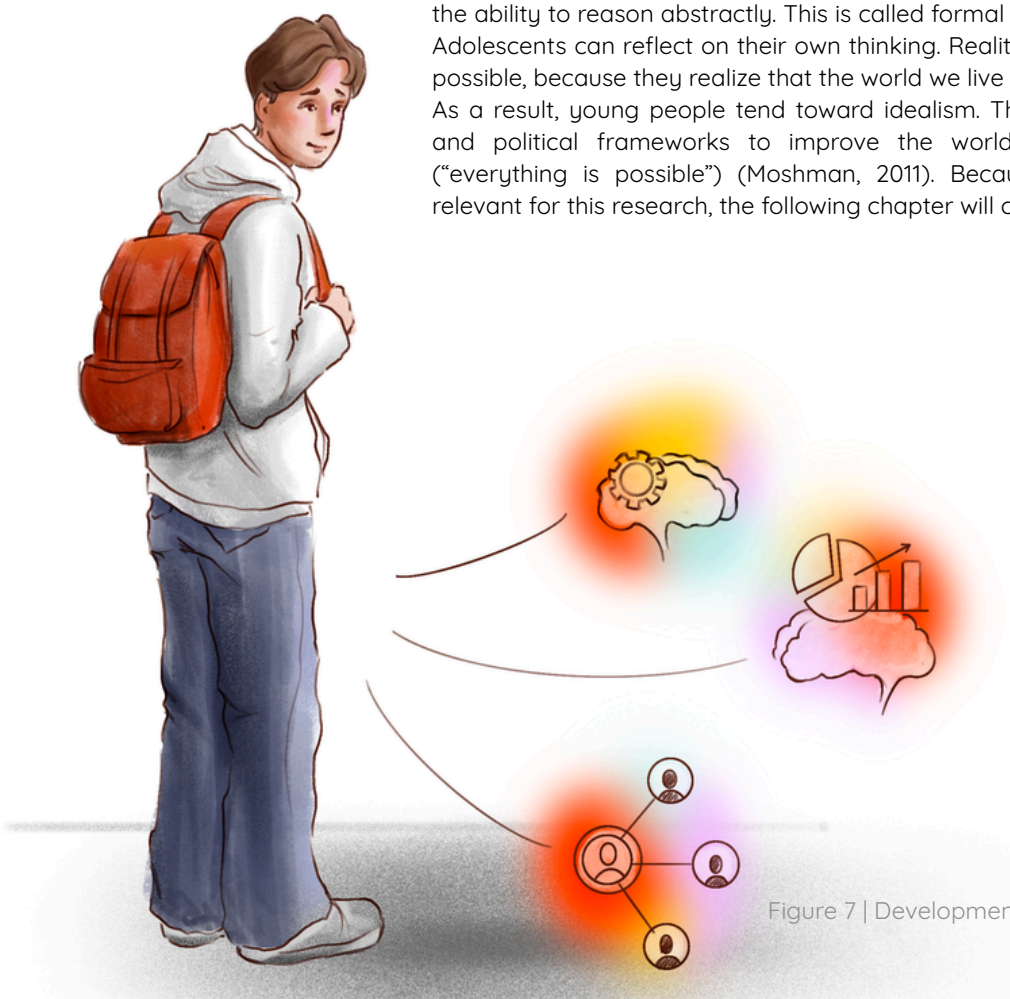


Figure 7 | Developmental factors of the early adolescent

2.2 The influence of cognitive development, intrinsic motivation, and engagement on learning processes in early adolescence

2.2.1 Cognitive development and design

As mentioned earlier, a large part of cognitive development occurs during adolescence. This has significant implications for designing for this age group, particularly in de context of design education. A major change that occurs is the way adolescents solve problems. This can be attributed to changes in brain management and cognitive capacity. Different types of information are captured, the way information is processed changes, and the ways in which information is used to solve problems also change. A quantitative growth in the capacity of the cognitive system and increasing efficiency in the way information is processed are assumed (Piaget, 1977).

What is particularly relevant is the phase of formal operational thought that begins in adolescence. Thoughts no longer relate exclusively to things that are directly visible and to events that are directly experienced: they relate to thinking itself. Thought patterns become counterfactual. This means that the adolescent can conceive of imaginary situations that deviate radically from their actual state. The ability to construct "if...then" reasoning is useful for the formal operational thinker in problem-solving and therefore extremely useful during design practices. It is in this phase that the adolescent learns to work hypothetically-deductively and to think combinatorially, thinking by first formulating hypotheses (presuppositions) and then making deductions (inferences). This allows aspects relevant to a problem to first be separated, then combined in all possible ways, and causal connections to be derived based on the presence or absence of certain combinations. Not only Piaget describes the cognitive development of the adolescent in this way: contemporary researchers also describe the thinking of adolescents using concepts such as metacognition and executive functions, which imply that the adolescent thinks about his or her own thinking (Slot & Van Aken, 2013). It's also interesting to briefly touch on the ultimate talent of adolescents. Research on intellectual performance suggests that in domains requiring cognitive flexibility or rapid perception and response, peak performance is typically observed in late adolescence (Sternberg & Wagner, 1986).

2.2.2 Intrinsic motivation and engagement

According to self-determination theory (Deci & Ryan, 1985), meeting adolescents' psychological needs for autonomy, competence and relatedness are essential for motivation (Klein, 2019). In a study with high school students, it was also found that satisfaction of these psychological needs is positively related to both intrinsic and extrinsic motivation (Çelik, 2024). Schweder en Raufelder (2021) show in their research that the influence of need fulfilment is dependent on gender. They found that the connection between autonomy and intrinsic and identified motivation are stronger for boys than for girls. Competence was only associated with intrinsic motivation among girls. One important factor regarding the autonomy and competence need is: choice. Teppo et al. (2025) found in their research towards motivational factors on adolescent science learning that perceived choice significantly positively predicted the variance of interest/enjoyment and perceived competence. However, perceived competence does not directly predict adolescents' interest/enjoyment in science learning. Further factors that influence motivation are parental academic pressure and the student-teacher relationship. When parents put more emphasis on school performance, students are more likely to feel in control of their motivation. However, a negative relationship between the student and their teachers can have an opposite effect: they feel less intrinsic motivation (Wang et al., 2025).

Studies examining engagement often use the three developmental pillars discussed above (psychoanalytic development, sociocultural development, and cognitive

development) to build up their research. Salmela-Aro et al. (2021) compared studies on engagement and found that the focus is unevenly divided: 70% of the studies focused on behavioural engagement, 61% on emotional and 35% on cognitive engagement. In their research on Student Engagement in Adolescence, they found that none of the studies they investigated used a specific theory of engagement development but rather referred to self-determination, ecological system and stage-environment fit theories as indicators of engagement. Reeve et al. (2025) looked at the possibility of each type of engagement having a specific purpose or function. They found that Behavioural engagement was the strongest predictor of achievement, cognitive engagement did not show a specific relation with any outcome and emotional engagement was strongly associated with both motivation and well-being.

As mentioned earlier, there is a correlation between negative student-teacher relationships and low intrinsic motivation. The teacher's role is also important when it comes to engagement. Teacher support can be directly and positively associated with learning engagement. It also has a positive effect on learning engagement through academic self-efficacy and psychological resilience (Shao et al., 2025).

2.3 The influence of the digital developments on the emotional -, socio-cultural - and cognitive development of early adolescents

Social media has become an important part of daily life for young adults. And there has been a lot of research done towards the influence of social media and screen-time in general on the (cognitive) development of young adults. Recent Dutch national data show that about 4.8 % of adolescents aged 12–16 meet criteria for problematic social media use (Cijfers Over Mediagebruik | Nederlands Jeugdinstituut, 2025b). This excessive use of social media is associated with impaired attention, reduced working memory, and diminished executive functioning, particularly among adolescents with social media addiction (Naik et al., 2025). Social media usage does not only have an influence on cognitive development but also on emotional and contextual development. Adolescents that are active on social media spend more time on identity exploration but also experience more identity distress (Avci et al., 2024), because they compare themselves more with others. Emotional intelligence is recognized as critical to the socio-emotional development of adolescents. Because of increased problematic social media use among adolescents, levels of emotional intelligence are lower. In addition, social media use is showing a negative correlation with adolescents' self-esteem (Piccerillo & Digennaro, 2024).

2.4 Developmental impact on drawing and perception in early adolescence

Drawing plays an important role in the cognitive and perceptual development in early adolescence. It is closely related to the developmental processes described in the previous sections. Research in art education and developmental psychology shows that drawing behaviour changes during early adolescence (age 12 to 15), particularly as students encounter realism, technical skill and social comparison (Golomb, 2003; Parsons & Gardner, 1981). Understanding how adolescents typically approach drawing provides insights into their learning needs, motivation, and potential insecurities when engaging in design drawing tasks. According to the developmental framework proposed named by Parsons (1987), early adolescents enter what is known as the pseudo-naturalistic stage. This occurs when they are 12 to 14 years old. In this stage, adolescents increasingly aim to produce drawings that resemble reality. They develop a focus on perspective and detail and show greater concern for visual literacy. Adolescents become more self-critical and compare their work with realistic

standards. This transition often leads to frustration when their drawing abilities do not match their expectations, which may negatively affect motivation and willingness to continue drawing (Golomb, 2003).
The increased self-awareness described in cognitive development theories (Piaget, 1977), also influences drawing behaviour. As adolescents develop abstract reasoning and metacognitive abilities, they begin to evaluate their work more critically (Winner, 1982). This results in adolescents becoming more uncertain about their abilities and maybe even avoiding drawing tasks all together. In addition to cognitive changes, sociocultural influences play a significant role in how adolescents learn to draw. Research by Payne (2022) shows that drawing development is strongly influenced by social context, visual cultural and peer interaction. Adolescents often learn drawing strategies through imitation, observation and exposure to drawings or imagery from others. These influences reinforce the importance of social comparison and may contribute to feelings of inadequacy when adolescents compare their work with the work of others. Perceptual development during adolescence also affects drawing outcomes. Perceptual understanding often develops faster than motor execution (Cox, 1993). Golomb (2004) notes that these uneven developmental stages can add to this dissatisfaction and decreased engagement in drawing.
Drawing ability is often perceived as a fixed talent rather than a skill that can be learned. Adolescents who believe drawing ability is innate are more likely to disengage when having difficulty with drawing tasks (Dweck, 2006). This is particularly relevant in educational settings where teacher support and structured feedback can influence students' confidence and persistence.

Key insights chapter 2

- **Early adolescents experience cognitive, emotional, and social changes that affect learning behaviour.** They become more independent, socially aware, and sensitive to comparison, which can increase insecurity during learning tasks such as drawing.
- **Adolescents develop abstract and hypothetical thinking skills.** Their ability to reason logically, think in possibilities, and reflect on their own thinking supports problem-solving and design-based learning.
- **Motivation depends strongly on autonomy, competence, and relatedness.** Providing choice, supportive feedback, and positive teacher relationships increases intrinsic motivation and engagement.
- **Digital media use can negatively affect attention, self-esteem, and emotional development.** Social media increases comparison and distraction, which can reduce focus and confidence in learning contexts.
- **Drawing development during adolescence is marked by increased self-criticism and comparison.** Students strive for realism but often feel frustrated when skills do not match expectations, leading to reduced motivation or avoidance of drawing tasks.

How can drawing contribute to learning processes and knowledge development in science and engineering education?

3

Why drawing matters

Literature research

This chapter provides an overview of drawing as a cognitive and communicative tool. The chapter also examines visual literacy, free-hand sketching, digital tools, CAD (computer aided design), and emerging technologies like VR (virtual reality) and AI (artificial intellience), showing how each method supports different aspects of idea generation, concept development, and communication. Ultimately, this understanding provides a foundation for creating a design solution.

3.1 How drawing works

This subchapter examines drawing as a cognitive tool by exploring the mental processes involved in drawing and its function in learning and communicating. Understanding these mechanisms positions drawing not only as a representational skill, but as a method for thinking, learning and designing.

3.1.1 Drawing as a cognitive process

Drawing from observation

Drawing, especially drawing from observation, involves perception, attention/memory visuomotor coordination and social cognition (Fan et al., 2023). These are complex cognitive processes. Safai et al. (2025) used a longitudinal resting-state fMRI design to see how learning to draw changes the brain over time. They observed enhanced functional connectivity in the brain after learning to draw from observation. This shows that drawing is not merely a manual or artistic activity, but a cognitively complex process that makes multiple brain functions work together. In its complexity, it is a suitable tool for thinking and problem-solving. Drawing from observation is closely linked to how the brain processes visual and spatial information. Drawing is often framed in terms of a distinction between (functions of) the left and the right side of the brain. Although functions such as language processing are more strongly associated with the left hemisphere and visual-spatial processing with the right,

drawing involves the coordination of multiple cognitive systems distributed across both hemispheres, as shown in the research of Safai et al. (2025).
Edwards (2012) proposes a framework that focusses on activating the "right side of the brain": the side of the brain related to modes of thinking such as: Spatial, Holistic, Intuitive and nonverbal processing. These different functions make the right hemisphere not only important while translating visual perception into a drawing, but also when looking for creative solutions to difficult problems (seeing connections between things that are seemingly unconnected). By critically observing what you see, and not what you think you see, the right side of the brain get activated. But this activation requires training (Edwards, 2012).
The "gaze-shift" technique (Cohen, 2005) is often applied when drawing from observation. In this technique the artist constantly "shifts" their gaze between the subject and the drawing. The accuracy then comes from active observation, not from memory. This technique is mostly applied when one is learning how to draw. It supports the development of visual literacy. Drawing does use visual memory, but improvements in memory are domain specific. This indicates that drawing is something you can learn, and that ability to draw is not innate (Chamberlain & Wagemans, 2016).

Drawing from invention
Drawing from invention, in contrast to drawing from observation. Relies more strongly on memory, conceptual knowledge and imagination. Rather than translating directly perceived visual information, the artist generated imagery from internal representations and prior experiences. Drawing from invention relies on top-down cognitive processes, in which higher-order brain regions such as the frontal cortex activate visual areas to generate internal imagery rather than respond to external perception (Pearson 2019). The frontal cortex then works as a command centre, sending signals to the visual cortex to activate sensory representations in the absence of external stimuli. It depends on semantic integration processes that allow the brain to combine information from different knowledge networks into new visual representation, suitable for creative problem solving. Drawings from invention often reflect abstract or concept-driven thinking rather than direct visual accuracy (Fan et al., 2023). Drawing can therefore function as a tool for exploring and testing ideas, allowing artists to construct new visual possibilities rather than simply recording what is observed (Kantrowitz, 2022). The development of inventive drawing also depends on the ability to engage in creative experimentation, supporting the emergence of new visual solutions (Oxford, 2023). It involves the recombination of stored knowledge within large-scale brain networks, allowing individuals to generate novel combinations of previously unrelated information (Andrews-Hanna et al., 2020). Drawing from invention supports the development of visual literacy by enabling the creation of visual symbols that represent ideas and imagined content, a process considered fundamental to visual meaning-making (Eisner, 1996).

3.1.2 Visual literacy

Visual literacy can be defined as a set of abilities that enable individuals to interpret, evaluate and create visual representations (Force, 2012). This makes visual literacy a critical skill for understanding images as well as communicating ideas through visual means. Understanding images and visually communicating ideas are bot skills that are necessary when designing. Despite the increasing presence of visual media in (higher) education, students often lack skills to effectively interpret and use images, highlighting visual literacy as an essential yet underdeveloped competency (Matusiak et al., 2019). Riley (2017) describes visual literacy as a competency by using two different theories. The perception theory tells us something about how we see the world. It helps students to become aware of different kinds of visual information. The second theory is the communication theory, which tells us how we use drawing to convey meaning. These two theories combined explain why drawing develops creativity and visual thinking. Students need visual literacy skills to interpret, analyse

and create visual representations. Visualization helps learners think about concepts, models and relationships. It helps students to understand design problems and generate ideas (Güney, 2019). Research towards visual literacy levels amongst high-school students shows that students score high in interpreting visual messages, but moderate to low in producing visuals themselves (Hanci, 2022). A lack of practice is cited as the cause. Furthermore, the study shows that older students (11th and 12th grade) show higher visual literacy than 9th and 10th grade students. Meaning that visual literacy can be developed through teaching and practice. Lastly, it was found that visual literacy is positively related to academic achievement (Hanci, 2022).

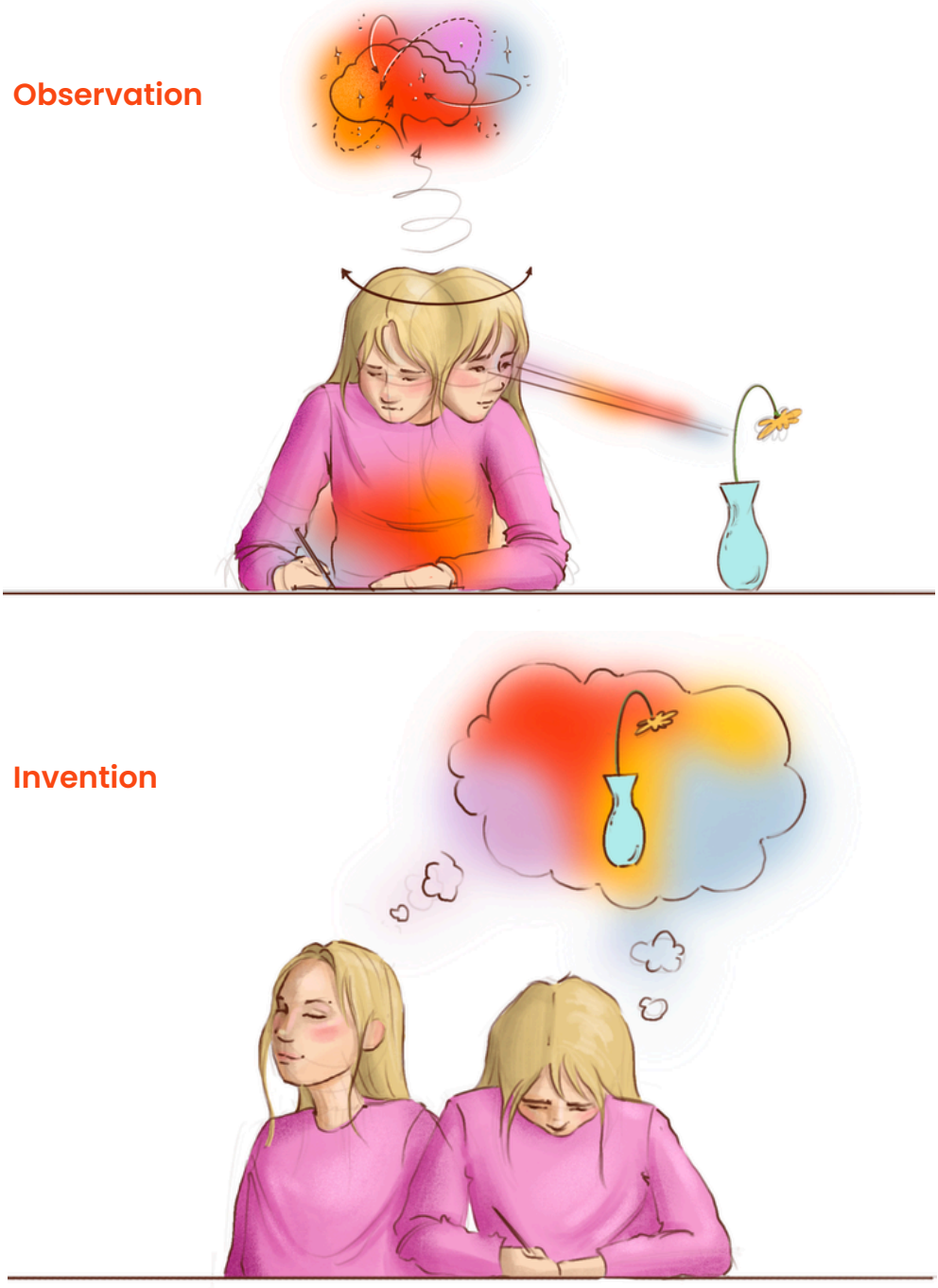


Figure 8 | Drawing from observation vs. drawing from invention

3.2 Functions of drawing

Drawing can serve multiple functions depending on the context in which it is used. In fields such as architecture and design, drawing is often discussed as a communicative tool. For example, Moroni & Lorini (2020) describe a range of functions of drawing,

including representational, instructional, advisory, and prescriptive functions. These functions are primarily communicative in nature, as they support the exchange of ideas between individuals and guide decision-making processes. For this reason, their framework is particularly relevant to the communicative role of drawing and will be further discussed in the section on drawing to communicate.

Beyond its communicative role, drawing also functions as a cognitive tool that enables the visualization and externalization of thought. Drawing allows internal mental representations to be translated into visual form, making it possible to reflect on, modify, and reorganize ideas. As discussed in previous sections, drawing involves the interaction of perception, memory, visuomotor coordination, and social cognition. These processes influence both the drawing process and the resulting image, and they determine, among other things, the degree of realism or abstraction in a drawing.

Drawing therefore involves the coordination of multiple cognitive systems distributed across both hemispheres, as shown in the research of Safai et al. (2025). This coordination enables drawing to function not only as a tool for communication, but also as a means of learning, exploration, and reflection. In the following sections, two functions that are particularly relevant to this research are discussed in greater detail: drawing to communicate and drawing to learn. Other functions of drawing, such as exploratory and conceptual uses, will be addressed where relevant throughout the analysis.

3.2.1 Drawing to communicate

Tversky (2011) argues that visual representations, such as drawing and diagrams, function as a form of communication by organizing information spatially, allowing complex relationships to be conveyed efficiently. This is something that is not possible to achieve through verbal communication, as it is fleeting and cannot be held in place or be subjected to space. The success of a communicative drawing depends on the ability to adopt the perspective of the viewer and to know what information is widely shared (Fan et al., 2023). Fan et al. (2019) found that communicative drawing strongly depends on visual abstraction (the ability to perceive the correspondence between an object and a drawing of it) and pragmatic inference (the ability to judge what information would help a viewer distinguish the target from distractors). In design, drawing is mainly used to communicate ideas. Sketches do not portray reality but are rather a conception of reality (they show how the designer perceives reality) (Tversky, 2002).



Figure 9 | Drawing to communicate

3.2.2 Drawing to reason

Tversky and Suwa (2009) describe several key reasons for externalising thought through sketching. They explain that sketches allow ideas to be externalised, making fleeting thoughts more permanent and giving structure to connected concepts. By putting ideas on paper, internal thinking becomes more accessible both to the designer and to others. This process enables thoughts and reasoning to be created and revised, inspected and revisited, and arranged and rearranged. As a result, ideas can be explored more thoroughly for purposes such as clarification and creative development. One important cognitive advantage of externalising thoughts is the reduction of working memory load. When ideas are represented externally, learners no longer need to hold all information mentally. According to Sweller (2011), this reduction in cognitive load allows individuals to process relationships and reasoning steps more effectively. External representations also make abstract relationships more visible, freeing cognitive resources that can be used for deeper thinking and problem solving. In addition, drawing supports reasoning by enabling learners to construct and refine visual models, which helps them organise knowledge and test relationships between ideas (Quillin & Thomas, 2015). Sketching therefore moves ideas from the mind to the paper, making it possible to modify, identify, and evaluate them. This explains why drawing supports design thinking and promotes iterative working processes. Sketches are not only tools for communicating ideas to others, but also for communicating ideas to oneself. By externalising ideas visually, designers can take a step back and view their work from a distance, enabling reflection, evaluation, and further refinement of their designs.

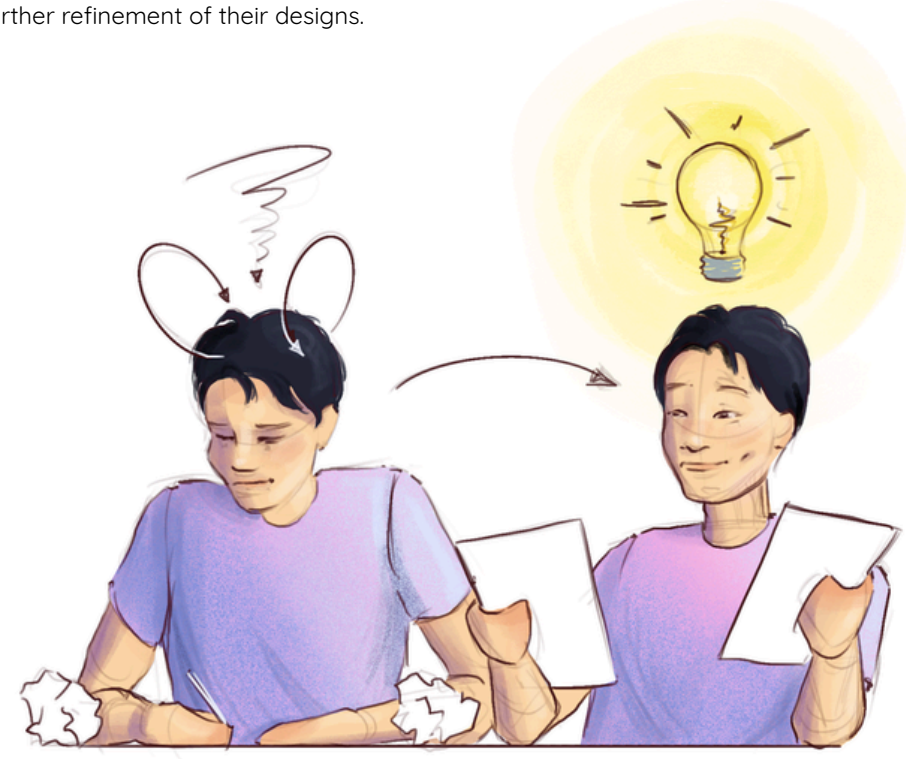


Figure 10 | Drawing to Reason

3.2.3 Drawing to learn

In addition to thinking and communication, drawing has been widely studied as a learning strategy. By combining perception, memory and motor processes, drawing enhances memory for individual objects and contributes to the development of visual expertise (and visual literacy, as later discussed in this chapter) (Fan et al., 2023). Cromley et al., (2019) found that learning by drawing is a powerful learning strategy with a significant overall effect on learning outcomes. However, its effectiveness varies depending on the type of learning. They found that it benefits factual learning (remembering information) the most, inferential learning (understanding relationships

and reasoning) to a medium extent, and transfer of learning (applying knowledge to new situations) the least. Therefore, they concluded their research that one must first specify the type of learning outcome and the type of instruction because results are likely to differ. This finding will be important when designing a tool applicable in the O&O course. In design practice, these forms of learning, as well as the effects of drawing identified by Cromley et al. (2019), are reflected in the design process, which progresses from the research phase (knowing), through reasoning about system relationships (understanding), to the application of design principles in new design solutions (applying). The importance of instruction is highlighted in a study that examines how drawing prompt can increase cognitive engagement in an active learning engineering course such as O&O (Wu et al., 2020). Results of the study showed that after implementation of drawing prompts (specific instructions), students' use and value of drawing increased, and these effects persisted to the end of the semester. Furthermore, students were more likely to draw when provided drawing prompts. The students who received prompts performed better on exam questions that target conceptual understanding than the students who did not receive prompts. This emphasizes the role of specified instruction.

Outcomes of studies examining drawing depend on task design, learner differences, and assessment methods. Dechamps & Skulmowski (2025) therefore mention that learning by drawing can only be positively deployed if we avoid overwhelming the learners' cognitive system. There is need for carefully designed drawing-based learning tasks. Van Meter & Garner (2005) address this problem as well. They discuss how strategy instruction can play a role in the effectiveness of drawing strategies of learners that are trying to construct representative drawing in support of their learning goals.



Figure 11 | Drawing to learn

3.3 The importance of drawing(s) in science and engineering

In science and engineering, drawing plays a fundamental role in development, communication and realization of ideas. This chapter examines the many reasons why drawing is an essential skill in science and engineering. It provides a foundation for understanding the importance of drawing in O&O courses in middle school.

"The importance of having engineering students proficient in visual literacy has long been recognized. Within this objective, the role of freehand drawing is paramount. It is, therefore, important to reinforce its practice for engineering communication and visual thinking support."

(Erro et al., 2024)

Freehand drawing is a fundamental skill in science and engineering. To understand how sketching can support the design process throughout its different stages. Van Der Wal et al. (2024) describe sketching as an active agent in the design process that influences designers, stakeholders, and outcomes. Based on literature and interviews with professional designers, the authors show that sketches have different "affordances" (action possibilities) depending on how and by whom they are used, meaning sketching plays an active role in shaping thinking, communication, and decision-making during design processes. In this chapter we will look at the role and importance of sketching in different phases of the design process: the Research phase, the Development phase and the Conceptual and Evaluation phase. These three phases align with the phases from the design cycle used in O&O courses and with phases from the design cycle used in higher education, where drawing is implemented most.

3.3.1 Research phase

The research phase, also known as the discovery, analysis or problem-definition phase, focuses on understanding the problem, context and users before generating solutions (Cross, 2011). It is the first phase of a design process. The main goal of this phase is to develop a well-informed understanding of the design context that guides concept generation (Eppinger & Ulrich, 2011).
Van Meter & Garner (2005) describe drawing as a strategic learning process that can be used as a research tool, referring to it as an organisational strategy for learning. Visuals can communicate information that is difficult to express through text (McTigue & Croix, 2010). This is particularly useful in science and engineering, where complex, spatial, and dynamic systems must be understood and communicated. Drawing requires students to select, organise, and represent relevant visual information, supporting processes of analysis and the identification of relationships between elements. Managing these insights is essential in developing problem-solving skills (Brun et al., 2016; Forbus et al., 2011). Similarly, Uziak & Fang (2017) state that drawing helps students visualize relationships between components of a problem, supporting deeper conceptual understanding. Drawing can therefore be understood as a visual research strategy that helps create overview. It has a more holistic and far-reaching potential within university research compared to traditional qualitative or quantitative methods (Roberts & Riley, 2013).

3.3.2 Developmental phase

The developmental phase, sometimes referred to as ideation, generation or design phase, focuses on generating and refining possible solutions to the defined problem. During this phase, designers or engineers use sketching, modelling and prototyping to develop and test ideas (Cross, 2011). The goal is to transform research insights from the research phase into tangible design proposals (Ambrose & Harris, 2010).
Designers do not have a clear image of their idea when they start developing them. This image emerges when they start sketching (Goldschmidt, 1991). That is why the developmental phase is usually the phase in which drawing is deemed most valuable. It is used to externalise ideas. This is the first reason why drawing helps in this phase of the design cycle: It helps reduce cognitive load (Brun et al., 2016). When students draw, they free space in their mind by moving the idea from their head onto the paper. Drawing particularly helps as a method n this phase because it allows the student to rapidly produce multiple ideas and iterate on them (Uziak & Fang, 2017). It supports originality by fostering innovation and disruptive ideas (Brun et al., 2016). This also

connects the phase to creativity and creative problem solving. Designers must generate original and useful ideas while exploring solutions. Creative thinking enables designers to move beyond obvious solutions and combine knowledge in new ways, which is essential for innovation (Runco & Jaeger, 2012). Drawing supports creative thinking by allowing designers to visually experiment, reinterpret ideas and make unexpected connections that might not emerge through verbal reasoning alone (Goldschmidt, 1991; Tversky, 2002). In addition, sketching encourages divergent thinking, a key component of creativity that involves generating many alternative ideas before selecting the most promising ones (Guilford, 1950). Through an iterative and visual thinking-process, drawing helps transform abstract thoughts into concrete possibilities, stimulating originality and problem-solving during development. Lastly, Forbus et al. (2011) found in their study that when students use drawing to explore different ideas, they feel more motivated and engaged with the project.
Multiple tools have been developed to help designers externalize ideas. Some examples of these tools include the morphological chart for systematic idea generation (Eppinger & Ulrich, 2011) or storyboards for visualising functional sequences and user interaction (Ambrose & Harris, 2010).

3.3.3 Conceptual and evaluation phase

The conceptual and evaluation phase, sometimes referred to as testing phase is often iterative and overlaps with the development phase. It focuses on assessing design solutions and improving them based on feedback, using a test product (a drawing or prototype) (Cross, 2011). Continuous evaluation ensures that the design meets the defined requirements and user needs (Eppinger & Ulrich, 2011). The goal of this phase is to refine and validate design solutions before final implementation (Ambrose & Harris, 2010).
After externalizing ideas, an engineer communicates them to a colleague or client. Drawing is essential in communicating ideas as it visualizes thought (-processes). As earlier mentioned, visuals can contain information that is not communicable through text or speech. It enables the designer to show an idea in a spatial context (McTigue & Croix, 2010). Communication is mentioned in several sources as one of the most important reasons to advocate for drawing courses in science and engineering education (Erro et al., 2024; Forbus et al., 2011; McTigue & Croix, 2010; Povinelli, 2025; Uziak & Fang, 2017). Yang & Cham (2006) suggest that there is an interrelation between a designer's ability to sketch and their ability to visualize in their heads (visual literacy) or through prototypes.

3.3.4 Relevance in professionalization

In science and engineering education, students primarily (learn to) interpret visuals. Often, they do not learn how to create their own (Forbus et al., 2011). Apart from all reasons mentioned above for why it is important for a science and engineering student to be able to draw, it is also important because drawing is used a lot in the professional beta scientific industry (Wu & Rau, 2019).

Applications of drawing in science and engineering education
Students often struggle with visual expression due to difficulties in mental imagery (visual literacy) or fear of failure (Povinelli, 2025). This was reconfirmed in the empirical research part of this study. To overcome these struggles and promote drawing in engineering education, there have been multiple attempts to stimulate students to draw more or even teach students how to draw, all resulting in positive outcomes. In 2016, Hilton et al. (2016) explore the effect of a perspective drawing course on results of engineering students. Engineering curricula no longer address sketching as CAD software has become more advanced. However, as mentioned above, sketching has many benefits. Hilton et al. (2016) therefore implemented a perspective sketching course. Results showed that the method leads to improved spatial visualization skill and design self-efficacy of the students. After the course, the

students mentioned the skills to be useful in future assignments and their further career. Lyon et al., (2016) found a positive shift of student's perception towards drawing (and its value as a learning tool), when they implemented an optional drawing course for medical students. In a study by Newton et al., (2024), it was found that students do not make sketches before they resort to CAD (Computer Aided Designing). They introduced a drawing course with a professional artist for second year students. The course covered basic shapes, shading techniques and perspective drawing. After the course 85% of the students reported an increase in their confidence when sketching. In biology, drawing can be an effective way to develop memory and generate visual models. It can be used as a learning tool. Heideman et al., (2017) found that students are reluctant to adopt drawing as a study method. They implemented a drawing stimulation technique called minute drawing in the form of an intervention. Eight months later, 70% of the students reported that they continued to use the method because it led to faster mastery of learning tasks.
These findings suggest that when students are provided with both the skills and the opportunities to engage in drawing, their confidence increases and their perception of its value improves. As a result, they are more likely to adopt drawing as a tool in their own learning process. However, for this to work, there is a need for teachers that can teach drawing courses to science and engineering students. Stokes (2002) vouches for teachers that posses' skills that include language of imagery as well as techniques of teaching visually. He mentions that to achieve this, teachers need guidance in developing visual literacy.

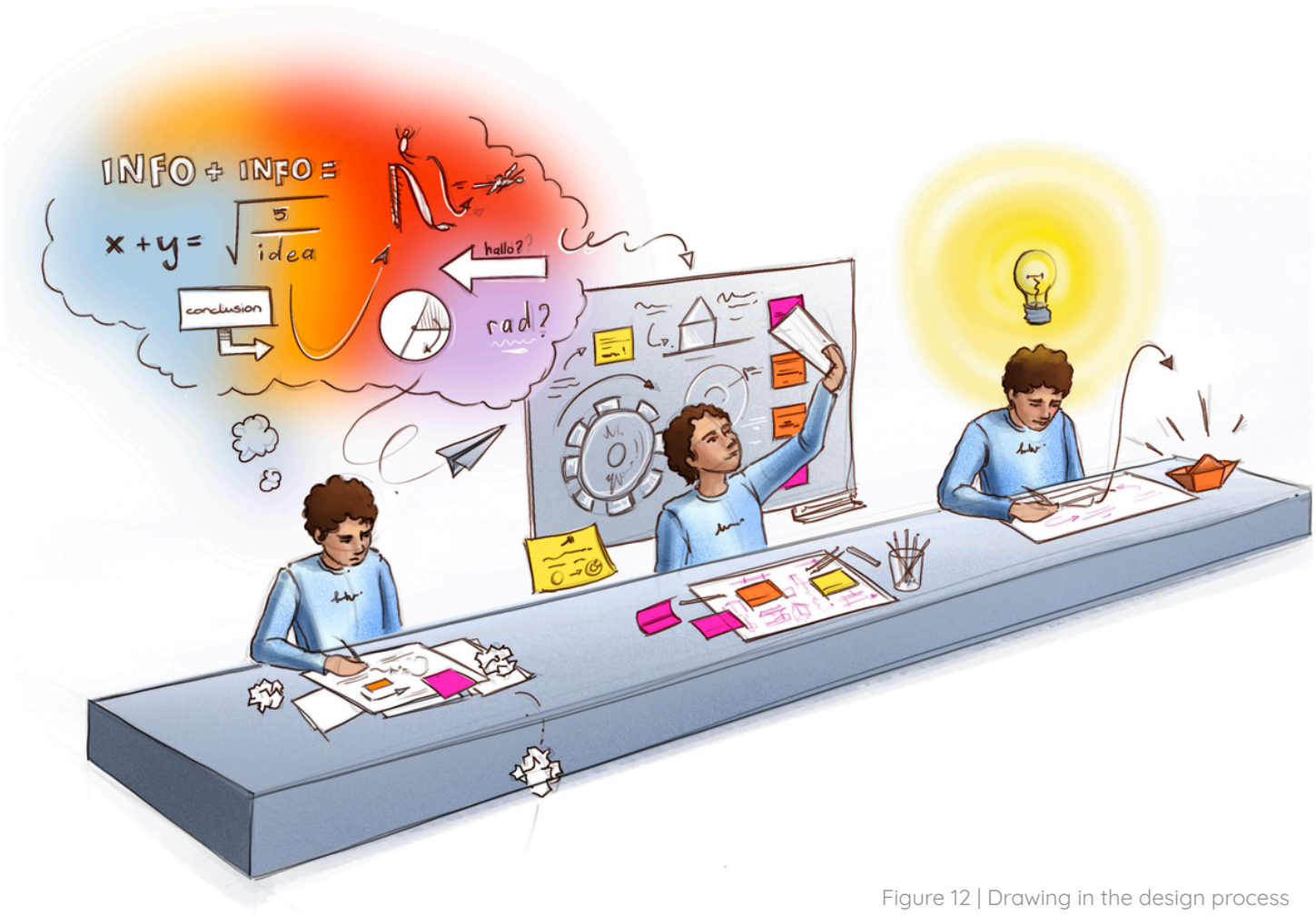


Figure 12 | Drawing in the design process

Application of drawing in STEM learning contexts (O&O course)

In higher science and engineering education, drawing is emphasized as an essential tool for thinking communicating and developing ideas as concluded earlier. However, many students entering these fields lack basic sketching skills. This is largely because drawing is not systematically taught in earlier stages of education (Samaniego et al., 2024).

In a study by Kelley & Sung (2017), about teaching sketching to younger learners in STEM learning context, it was found that when students are given instruction and guidance in drawing skill, their ability to draw improves significantly. It helped the students move from using sketching as a container of ideas to the use of sketching as a form of design communication and to iterate on design ideas. Sketching is a design practice that can also help students learn science concepts through the generation of mental models of conceptual understanding.Wu & Rau (2019) confirm this by saying that engaging students in drawing supports their ability to work with complex visual information. Making abstract scientific ideas more tangible. Without early exposure to drawing practices, students may struggle later when confronted with academic tasks that require visualisation or spatial reasoning.

The importance of integrating drawing into earlier education becomes even clearer when STEAM education gets introduced. The addition of the arts to STEM implements the crucial role of creativity, imagination and holistic thinking in middle and high school science and engineering education. Yakman (2010) argues that disciplines such as the ones connected in STEAM education are deeply interconnected in complex societal problems. Therefore, meaningful innovation requires early introduction and understanding across these domains.

In recent years the study of Industrial Design Engineering at the Technical University in Delft, has undergone a transition from a study purely focussed on creation of tangible products, to a study that solves complex societal problems by learning how to holistically look at systems in our society. Not only at TU Delft this change occurs. Irwin et al. (2020) explain that the design discipline is undergoing a rapid expansion and transformation toward addressing complex ecosystems and societal change through systemic approaches.
(Technische Universiteit Delft, 2014; Technische Universiteit Delft, 2025)

A STEAM learning approach can introduce students to holistic problem-solving. Aguilera & Ortiz-Revilla (2021) show that both STEM and STEAM approaches positively impact student creativity. The inclusion of drawing and artistic practices within STEM education is therefore essential for developing creative capacities required in modern engineering and design contexts. Despite the clear benefits, several barriers prevent the effective integration of drawing practices in middle and high school education. One major issue lies in teacher preparedness and perception. Research with O&O teachers in the Netherlands shows that while teachers are generally confident when it comes to supervising research-based activities, they tend to view design projects as less relevant (Vossen et al., 2019).

Finally, broader systemic issues also play a role. Educational systems often prioritize analytical and text-based skills over visual and creative ones, leaving little room in the curriculum for drawing-based activities. As Li (2023) notes, modern education must move beyond purely technical integration and address humanistic and creative development, including imagination and aesthetic awareness. However, achieving this shift requires changes in curriculum design, teacher training, and assessment methods.

In conclusion, while higher education clearly recognises the value of drawing in science and engineering, the lack of early instruction creates a skills gap. Integrating sketching into middle and high school education is essential for all the reasons mentioned in the subchapter before. It supports creativity and cognitive development and aligns with the interdisciplinary nature of the O&O or STEAM courses. Overcoming existing barriers will require coordinated efforts in teacher training, curriculum development, and educational policy.

Key insights chapter 3

- **Drawing functions as a cognitive tool that supports thinking, reasoning, and problem-solving.** Drawing activates multiple cognitive processes (perception, memory, imagination, and motor coordination) and allows ideas to be explored, tested, and refined visually.
- **Drawing from observation and drawing from invention support different types of thinking.** Observation-based drawing strengthens perception and visual accuracy, while invention-based drawing supports imagination, conceptual thinking, and creative problem-solving.
- **Visual literacy is a critical skill for design and engineering but is often underdeveloped.** Students are generally better at interpreting visuals than creating them, highlighting the need for structured practice in producing visual representations.
- **Drawing supports communication by making complex ideas visible.** Visual representations allow designers to communicate spatial relationships and concepts more clearly than verbal explanations alone.
- **Drawing supports learning by reducing cognitive load and improving understanding.** Externalizing ideas onto paper frees working memory, helps structure thinking, and improves factual and conceptual learning when supported by clear instructions.
- **Drawing plays a central role across all phases of the design process**. It supports understanding problems (research phase), generating ideas (development phase), and communicating and refining solutions (evaluation phase).
- **Early and structured drawing education improves confidence, creativity, and professional readiness.** Although drawing is widely used in science and engineering professions, many students lack early instruction, creating a skills gap that supports the need for integrating drawing into earlier education and STEAM learning.

How can drawing contribute to learning processes and knowledge development in science and engineering education?

4

(Digital) Drawing Tools

Literature research

This chapter explores different technical drawing tools and their influence on design thinking to identify possible directions for supporting students during the development phase. By comparing free-hand sketching, digital sketching, CAD, virtual reality sketching, and AI-supported tools, the literature provides insight into how different technologies affect idea generation, exploration, and refinement. Understanding the strengths and limitations of these tools helps to determine which combinations or workflows may be most suitable for enhancing students' design processes. The insights gained in this chapter therefore contribute to exploring and selecting promising solution directions for integrating drawing tools into educational design practices.

Chu et al. (2015) said: "Due to the wide application of digital tools and the improvement in interactive technologies, design thinking might change in the digital world comparing to that in traditional design processes." This subchapter explores differences between free-hand sketching and digital tools for sketching.

4.1 Free-hand sketching and digital sketching

Chu et al. (2015) explored how different sketching tools (hand-sketching, tablet-sketching and pen-input displays) result in differences in design thinking. They found that the tools affect the frequency in occurrence of different visual thinking behaviours and strategies. Digital tools help designers think systematically and in greater detail, allowing them to work on both the overall concept and specific elements at the same time. Sim & Jung (2025) described this as encouraging in-depth engagement and supporting detailed exploration and structural modification. It supports efficient problem solving and leads to more complete and detailed designs (J. Wu et al., 2012). Digital sketching methods have advantages as well as disadvantages. Camba et al. (2018) documented the most important advantages

being: Editing, layers and underlayers, visual quality (aesthetic preference), speed and file management. The most important disadvantages however are equipment issues, learning curve, cost, lack of feeling and the fact that the method makes it easy to get caught up in details.

Free-hand sketching encourages a more exploratory approach, where designers generate and compare ideas more freely. It facilitates the development of diverse concepts and promotes broad idea generation and conceptual transformation by being a more explorative and flexible method that leaves more room for interpretation and change (J. Wu et al., 2012). This results in consistent results with a strong personal style (Chu et al., (2015); Sim & Jung (2025).
Sim & Jung (2025) therefore advocate for combining free-hand sketching and digital sketching for optimal results. Research on hybrid sketching workflows suggest that free-hand sketching is typically used during early ideation due to its speed and flexibility, while digital tools are used in later stages to refine geometry and support precision (Company et al., 2009). In effective hybrid workflows, designers often transfer hand sketches into digital environments, where they can iterate, modify and develop ideas further using modelling tools (Ranscombe & Bissett-Johnson, 2016). This iterative movement between analogue and digital media creates a continuous feedback loop that enhances both creativity and technical accuracy (Donnici et al., 2025).

4.2 Free-hand sketching and CAD

A classic design process combines free-hand sketching with the use of CAD (computer aided design) to further develop the concept. When comparing sketching outcomes with outcomes when only CAD was used, a study by Häggman et al. (2015) showed the following results: Sketching resulted in a higher average number of generated concepts compared to only using CAD. Furthermore, sketching took up less than half the time per concept designed in CAD. However, sketches and CAD have a different role in de design process. As discussed in chapter 3, section 3.3, sketches are mainly used in the beginning of the process for idea generation and exploration. Afterwards ideas are chosen and developed by using CAD. CAD is used for concept development, to get a more detailed and technical concept presentation. In this traditional process, a gap can be found between student's use of traditional free-hand sketching and digital modelling tools (CAD) during the design process. Around the phase of concept selection (between conceptualisation and evaluation), little to no emphasis is laid on the use of design tools for representation (see figure...). To address this gap, Ranscombe & Bissett-Johnson (2016) propose a new design practice: "Digital Sketch Modelling". The practice combines the strengths and freedom of sketching in ideation and the dimensional accuracy of CAD.

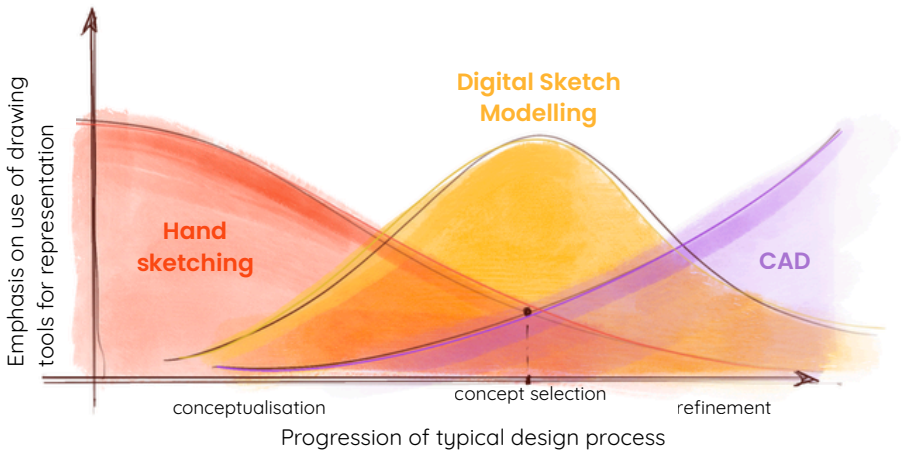


Figure 13 | Position of digital sketch modelling as a representational tool in the design process.

Benefits are that this method is already being used in the industry but hasn't been applied in educational context. secondly, it maintains the freedom of sketching while capitalising on enhanced visual properties by using readily available 3D forms from CAD to assist students' ability in sketching visualisations.

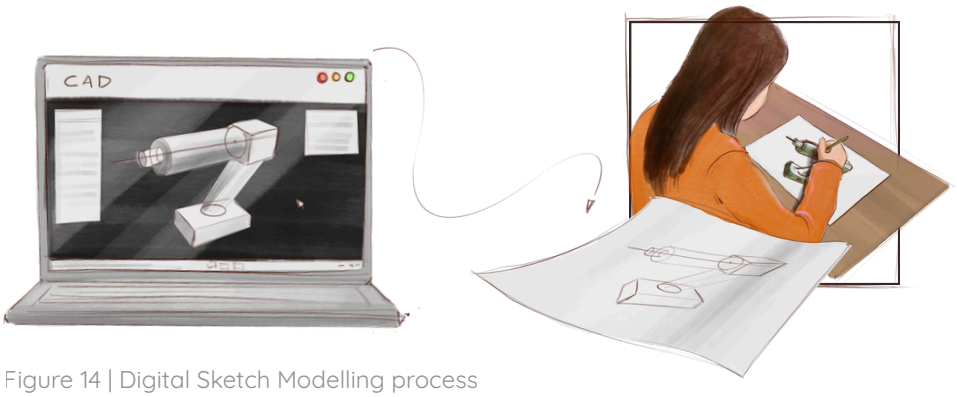


Figure 14 | Digital Sketch Modelling process

Taken together, the literature indicates that both free-hand sketching and digital tools offer distinct advantages that support different types of thinking during the development phase. free-hand sketching appears particularly valuable for early exploration and idea generation, while digital sketching and CAD support refinement, precision, and structural development. Therefore, for this project, a combined workflow that strategically integrates both analogue and digital sketching methods will be considered as a promising approach to support students throughout the design process. These insights guide the design choices made in the following chapters, where tools and methods are selected to encourage both creative exploration and detailed development.

4.3 Virtual reality sketching and AI

As mentioned in section 3.3, free-hand sketching supports the development of rich intuitive design concepts but has limitations when designers or engineers need to oversee complicated (more technical) design problems. CAD supports detailed engineering design articulation but may constrain early creativity by encouraging premature design fixation and circumscribed thinking, which can limit intuitive idea exploration during conceptual stages (Robertson & Radcliffe, 2009). A proposed alternative to enhance cognition and communication among designer is to implement a VR-based interface. This implementation is applied during the conceptual phase of the design process and helps to tie together the advantages or free-hand sketching and CAD into one tool (Ibrahim & Rahimian, 2010). Oti & Crilly (2020) support the use of VR sketching in design processes as well. They mention a great advantage of VR/immersive sketching as it allows rapid 3D idea exploration, something that is not possible on paper as free-hand sketching is limited for representing 3D shapes.
Donnici et al. (2025) combine sketching (both digital and traditional) and generative AI. Combining these methods pre-serves creativity and improves efficiency and precision. The integration of AI in their proposed method enhances the exploratory potential of sketching and accelerates the iterative process. They propose that AI works as a co-creative agent, enabling speed and depth to visual exploration.
An important comment on the use of (visual-generative) AI in design is that the outcome is dependent on the input. Meaning the quality (clarity and readability) of the sketch. Highlighting the communicative value of being able to sketch (by hand).

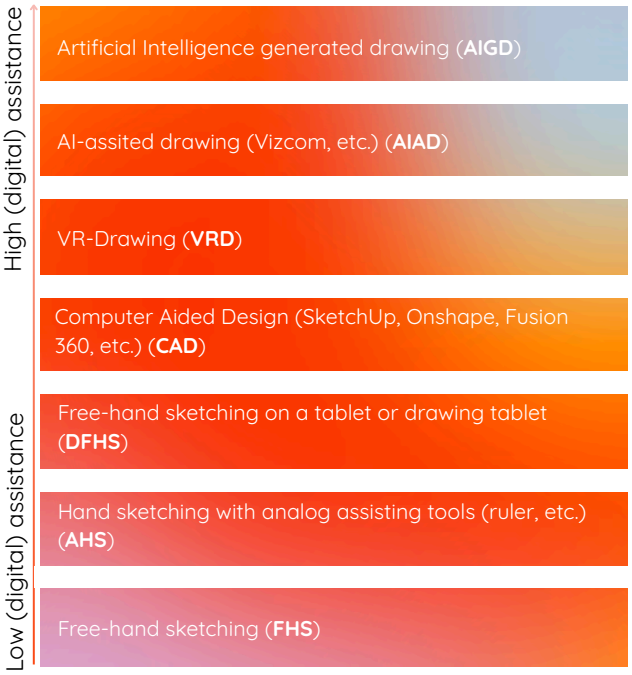


Figure 15 | Drawing tools with low vs. high (digital) assitance

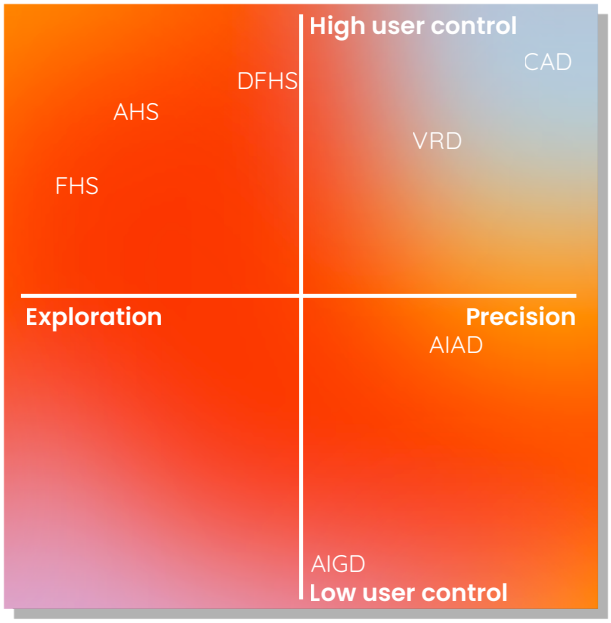


Figure 16 | Control and precision of (Digital) Drawing Tools

Key insights chapter 4

- **Different drawing tools support different types of thinking during the design process.** free-hand sketching, digital sketching, CAD, VR, and AI tools each influence how students generate, explore, and refine ideas, making tool selection an important factor in design thinking.
- **free-hand sketching is most effective for early idea generation and exploration.** It supports flexible, fast, and exploratory thinking, encourages diverse concept generation, and promotes creativity without focusing too quickly on details.
- **Digital sketching supports refinement, detail, and systematic development.** Digital tools allow editing, layering, and precise modification, helping students develop more complete and technically detailed designs, though they may also lead to premature focus on details.
- **CAD tools are essential for precision and technical development but less suitable for early ideation.** Sketching generates more ideas in less time, while CAD is most useful for refining selected concepts into structured and accurate representations.
- **Hybrid workflows that combine analogue and digital tools produce the strongest results.** Moving between free-hand sketching and digital tools creates an iterative feedback loop that supports both creativity and technical accuracy throughout the design process.
- **Emerging technologies such as VR and AI expand possibilities but depend on strong sketching skills.** VR enables rapid 3D exploration, and AI can accelerate iteration, but both rely on clear visual input and foundational drawing skills, reinforcing the importance of learning to sketch.

Framing the research context: What is O&O education, and who are the stakeholders involved?

Which factors affect stakeholders' perceptions, attitudes, and use of drawing within O&O education?

5

Barriers to the integration of drawing in science and engineering education

Literature research and empirical research

There are barriers to be identified when looking at implementing drawing in science and engineering education. To create an overview of all barriers, this chapter discusses finding from numerous studies in literature that have examined the limited use of drawing in science and engineering. It then elaborates on these findings by presenting the methodology and findings from interviews with O&O teachers and professionals to explore how drawing is incorporated in O&O education. This connects the findings from the literature with the way these barriers manifest themselves in practice. The empirical study provides insight into students' use of free-hand sketching, the challenges they face, and the ways teachers and schools support skill development. Understanding these practices is essential for this research, as it contextualizes the role of drawing in the design process and identifies gaps in skills, instruction, and resources. The chapter lays the foundation for linking cognitive and motivational aspects of adolescent learning (discussed in chapter 2) to practical classroom application of drawing.

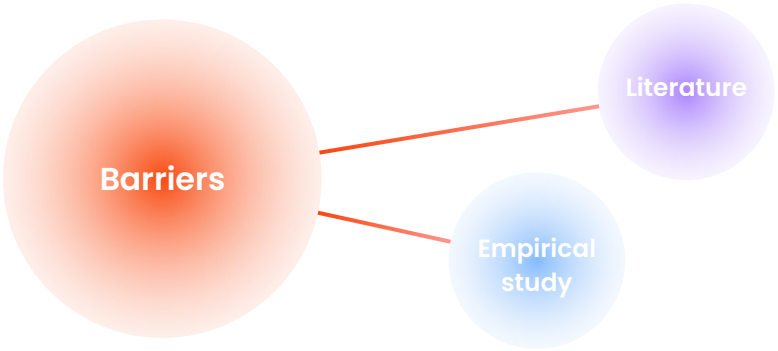


Figure 17 | Barriers found in literature vs. in the empirical study

5.1 Barriers found in literature

The application of drawing in science and engineering remains limited. The reason for this is that teachers and overarching educational organisations are unaware of the underlying positive effects of drawing activities. There is insufficient clarity on how to design effective drawing curriculums in STEM learning environments (Wu & Rau, 2019). This is not only a problem in middle school and high school contexts. Teachers do not model or explain the functions of drawing within different disciplines (Anning, 1999). Contemporary engineering design education approaches typically do not include sketching anymore (Vuletic & Hay, 2025), resulting in the engineering designer receiving minimal training on free-hand sketching (Weaver et al., 2024). This could directly result in students not applying free-hand sketching as a method in their academic work (Booth et al., 2025; Erro et al., 2024; Weaver et al., 2024). This lack of educational support and the resulting reluctance to sketch and lack of practice leads to a few underlying problems:

5.1.1 Lack of education and skill

One of the first underlying problems is that without instruction and practice, students lack the skills and underlying tools and guidance to pick up drawing as a learning or communication method in engineering and design (Erro et al., 2024). In short: drawing skills are gradually declining (Fava, 2019). Tversky (2002), described ability and expertise as two defining influencing factors in development and the use of sketching as a skill. This lack of skills makes it harder for students to communicate thoughts and ideas onto paper (Orthel & Day, 2016). Drawing to communicate thought process is increasingly recognised as an important skill to enable innovation, but is rarely taught (Fava, 2019). Without training or practice, perceived or real deficiencies in skills increase amongst students (Booth et al., 2025).

5.1.2 Insecurity

This perceived deficiency can result in insecurities (Di Giovanni, 2024; Vuletic & Hay, 2025). Personal inhibition makes a student want to make a sketch ‘perfect’ (Booth et al., 2025), even though (artistic) perfection is not required from an engineering student. This need for perfection is especially present with young adolescents. Before the adolescent phase, they develop their sense of perfectionism. The critical side of the adolescent combined with this sense of perfectionism results in students aiming for perfect drawings (Edwards, 2013). Added to this is the fact that students are afraid of being judged by their fellow students. When accompanied by a superior sketching, they tend to compare their work to the works of others (Booth et al., 2025).

5.1.3 Drawing: “An irrelevant skill”

Another result of the lack of drawing education is that students will perceive drawing as an irrelevant skill for science and engineering (Schmidt et al., 2012). Teachers do not present drawing as a tool for problem solving, therefore student are unaware of its potential (Anning, 1999). Because drawing can be cognitively demanding and time consuming, students may struggle to manage the multiple processes involved, such as generating ideas, organizing spatial information, and representing details accurately. As a result, without appropriate educational support, students may not create high-quality drawings (Fiorella & Zhang, 2018). This ignorance regarding the functions of drawing and other negative stimuli involved in the process often cause students to develop a preference for digital visualization (Booth et al., 2025) and may lead to inexperienced engineers and students resorting to CAD without preliminary sketching (Newton et al., 2024). The rise of digital sketching and modelling tools results in a decline of hand drawing in science and engineering (Uziak & Fang, 2017).

5.1.4 Concluding literature findings

- **Drawing is rarely taught or modeled in science and engineering education.** Teachers often lack awareness of the benefits of drawing and do not provide structured instruction, resulting in declining drawing skills and limited use of sketching as a thinking or communication tool.
- **Lack of skills and practice leads to insecurity and avoidance of drawing.** Students who feel unskilled or fear making imperfect drawings often experience insecurity and comparison with peers, which discourages them from using drawing in their work.
- **Drawing is often perceived as irrelevant, leading students to rely mainly on digital tools.** Because drawing is not presented as a problem-solving method, students underestimate its value and increasingly skip sketching stages, moving directly to digital tools such as CAD.

5.2 Barriers found in the emirical study in O&O education

5.2.1 Introduction and Method

To gain a better understanding of how O&O lessons are taught and how drawing is incorporated in the classroom, semi-structured interviews were conducted with professionals in the field (Profs) and O&O teachers (Docs). This study employs a qualitative research approach because it aims to gain in-depth insight into how drawing is incorporated into O&O lessons but also focuses on the interviewee's opinion and vision regarding the subject. During the research phase, the interviews are intended to lay a foundation for knowledge about the subject and the skill of drawing. The findings from these interviews are presented in this chapter, providing an overview of the design context (the interview answers can be found in Appendix A). The participants will be answering the following research questions:

Research Questions:

1. How is hand-drawing currently used within O&O education?
2. What difficulties do students experience when using drawing in O&O?
3. What difficulties do teachers and schools experience when integrating drawing into O&O education?
4. What current strategies or initiatives are used to support drawing in O&O lessons?
5. What is the teachers' view on drawing in O&O education?

5.2.2 Respondents

A total of 20 respondents were interviewed, including 4 experts in the field of O&O and 16 O&O Teachers. Through the Technasium network, 40 schools in the Netherlands were emailed to ask if they were interested in participating in the study. 30 schools responded. The first 16 respondents were selected for an interview; these teachers work at 15 different schools throughout the Netherlands. Among the respondents were also 4 professionals from the field. Among others, they work at the Technasium Foundation and two different teacher training colleges in the Netherlands (Delft and Eindhoven). In addition, interviews were conducted with drawing teachers in secondary school design subjects (excluding O&O). These interviews aimed to gain insight into students' drawing abilities, with a particular focus on skill development.

5.2.3 Interview Structure

The interviews were conducted online and lasted an average of 30 minutes (between 20 and 45 minutes, 45 minutes being the longest interview). An interview guide was used to provide direction for the interview. However, every interview proceeded differently. This depended primarily on the professional background of the

interviewee. Teachers were primarily surveyed regarding the following topics:

- General view on drawing as a skill in education
- O&O lesson design and teaching
- Resources, working methods, and student experiences
- Application and role of drawing within this lesson design
- Barriers to the application of drawing within O&O
- Wishes and possible solutions

5.2.4 Data collection

The interviews were conducted via Teams and were automatically transcribed with the respondents' permission. Teams uses Microsoft speech recognition (Azure AI Speech–based) to do this. Prior to the interview, all respondents signed an informed consent form containing information regarding data collection and storage.

5.2.5 Data analysis

The data analysis was performed manually to ensure that no relevant details regarding respondents' views were lost and to minimize the risk of data leaks. Valuable text fragments were filtered from the transcript. These fragments were subsequently coded and clustered into overarching themes, which led to final conclusions.

5.2.6 Conclusions

Several findings emerged from the survey. These findings are derived from quotes provided by the respondents. Some quotes will be mentioned anonymously. The findings (and overarching thematic conclusions) are presented below:

Free-hand sketching within O&O

Within O&O, hand-drawing is utilized in various ways. For instance, it is used to quickly communicate ideas to teammates, the teacher, or the client by means of sketches. Additionally, hand-drawing helps in iterating and improving ideas, as concepts can be quickly adjusted visually. It is also used to further develop and finalize ideas. Hand-drawing also plays a role in creating dimension drawings, such as scale drawings, floor plans, and elevations, which serve as the basis for realizing designs in the workshop. Finally, it is used to present the final design to the client via a presentation drawing. Hand-drawing primarily takes place in the brainstorming and concept phase, and to a lesser extent in the presentation phase. In this research, the focus is exclusively on hand-drawing; technical drawing using a computer is excluded from consideration.

In the following sections, quotes will be used to support the research results. Other results and research data can be found in Appendix A. The quotes will be announced by means of the following symbol:



Difficulties faced by students

The issues surrounding drawing within Research & Development regarding students can be divided into six main categories: a lack of skills, insecurity and mindset, motivational problems, differences in ability levels, the influence of digitalization, and a lack of practice.

1. Lack of knowledge and skills

Many students have never explicitly learned to draw and therefore lack basic skills. For instance, they experience extra difficulty creating (spatial) 3D drawings and find it difficult to put ideas from their heads onto paper. This limits their ability to effectively utilize drawings within the design process.



"I would appreciate it if, in the upper grades, they could draw a bit better, because in general they don't really learn that."
-Anonymous teacher

2. Insecurity and Mindset

In addition to skills, students' mindset also plays a major role. Students are often insecure about their drawing skills and may experience anxiety about drawing. They frequently state that they "cannot draw" and approach drawing as something that can be right or wrong. In doing so, they are more likely to expect artistic evaluation, which further raises the barrier to drawing.



"I think they find it difficult because they think they can't draw well, right? That they already have certain expectations for a sketch in their mind."
-Anonymous teacher



"Many students are afraid of drawing."
-Anonymous teacher

3. Differences in skill levels among students

Within classes, there are significant differences in drawing ability among students. These differences in skill levels can reinforce the insecurity of less skilled students, making them less inclined to draw and more reserved during design processes.



"Students who can draw well impress others."
-Anonymous teacher

4. Motivation and Attitude

Motivation to draw is limited among many students. What is particularly important and striking in this regard is that many teachers mention that they do not always see the added value of drawing within the design process and tend to regard it as a superfluous step (which is, however, mandatory at most schools). As a result, students sometimes tend to skip drawing and proceed directly to building a product. According to the teacher, this is also one of the favourite skills of the average O&O student.



"They don't see any use at all in technical drawing. They skip it completely. They immediately start making a model, and very often it ends up without proportions."
-Anonymous teacher



"Students don't really see the added value. And I think that's the biggest problem: they just want to go straight to the workshop and start building."
-Anonymous teacher

5. Influence of digitization

Many teachers also mention the potential influence of the rise of digitalization on students' drawing skills. Because they grew up in a digital environment, there may be less developed spatial insight, less refined motor skills, and reduced hand-eye coordination.



"Hand–eye coordination isn't as good anymore, or they no longer have the patience for it. They have other hobbies."
-Anonymous teacher



"Fine motor skills: we also see that in handwriting, that it's getting worse; they're lagging a little compared to before."
-Anonymous teacher

6. Lack of practice

Finally, a lack of practice and experience plays a role. Students often no longer draw in their free time, and sometimes little to no drawing takes place within O&O lessons. Additionally, not every student takes art or drawing classes in secondary school. Moreover, many manual tasks are now taken over by digital tools, leaving students with fewer opportunities to develop their drawing skills.



"They do most of the brainstorming by writing things down."
-Anonymous teacher

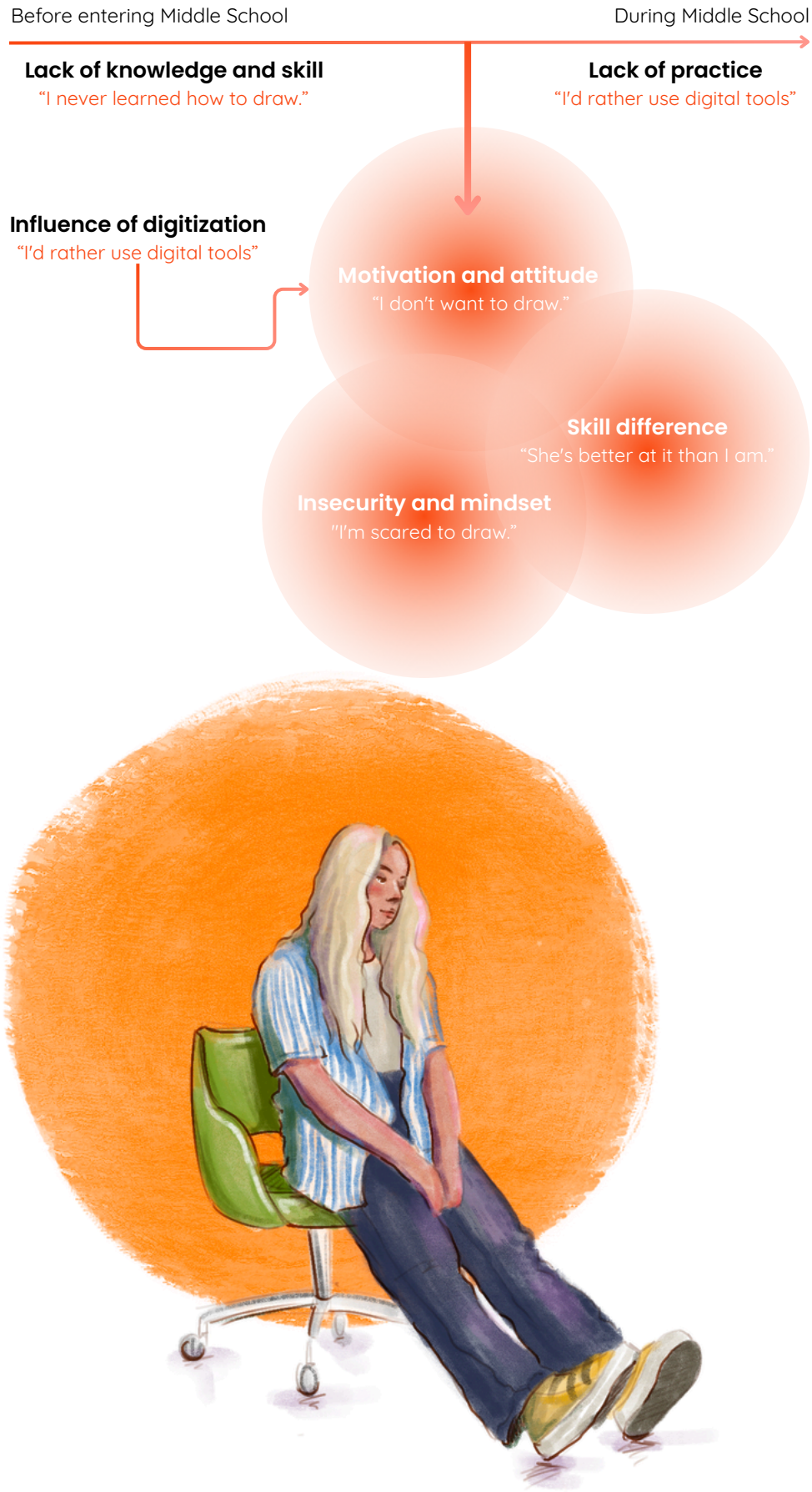


Figure 18 | Visual summary: 6 difficulties faced by students

Difficulties faced by teachers and organizations

The issues surrounding drawing within Research & Development regarding teachers and organisations can be divided into four main categories: Lack of time, no fixed place in the curriculum, expectations and attitudes and lack of expertise.

1. Lack of time

Lack of time is often cited as a reason for not offering drawing (structurally) within O&O. Some schools indicate that there is insufficient time in regular lessons, partly due to the number of learning objectives set by the foundation. At the same time, there are schools that contradict this argument and indicate that drawing can indeed be incorporated. Additionally, teachers find that students require a relatively large amount of time to draw, which raises the barrier to using it. Although there is sometimes no room for separate skills workshops, drawing is addressed to a limited extent within lessons.



"Due to lack of time, we actually no longer have room for that."
-Anonymous teacher

2. No fixed place in the curriculum

Drawing is often not considered an official skill within Research & Development and therefore has no fixed place in the curriculum. There is a lack of a clear learning trajectory for drawing, and it is not explicitly mentioned in the examination program. As a result, it is less structurally integrated into education.



"I must say that at the moment we don't really have drawing in the curriculum as a skill."
-Anonymous teacher



"I don't think there is anything about drawing in the old exam syllabus, as in freehand drawing."
-Anonymous O&O expert

3. Expectations and attitude of teachers

The attitude and expectations of teachers also play a role. Some teachers believe that students simply cannot (or no longer) draw, for example due to limited motor skills or a low entry level. According to them, previous attempts to integrate drawing have not always led to visible results. Furthermore, it is noted that students already enter with a disadvantage, because manual activities such as crafting and outdoor play receive less attention in earlier educational phases. The teachers' insecurity can also play a role; when they do not consider themselves proficient in drawing, they are more likely to choose to avoid it or apply it only in a simple way.



"They just can't draw what they want to get on paper, that's my experience. But anyway, that's just like maybe with reading bad handwriting."
-Anonymous teacher



"What we notice is that they're not good enough at it to really explain their idea properly. And I did try for about a year or so to give them some drawing exercises. But in the time available, it produced very little."
-Anonymous teacher

4. Lack of expertise

Another major bottleneck is the lack of expertise among teachers. This can lead to unclear instructions and the absence of a good didactic approach. At the same time, there is often uncertainty regarding which forms of drawing are relevant and how drawing can be effectively used within the design process. Teachers without a drawing or technical background struggle with demonstrating skills, providing targeted feedback, and explaining drawing techniques. At some schools, this expertise is completely lacking, leaving teachers dependent on external specialists.

> "You need someone who has a bit of expertise. [ ] I am not that person"
> -Anonymous teacher

> "I believe it depends on the individual instructor and their specific strengths. If it's not a subject you're passionate about, it becomes quite a task to inspire that same motivation in your students."
> -Anonymous teacher

> "Subject expertise varies among O&O teachers. It's important for them to be able to support students in different bèta-skills, yet not all of them are capable of stepping into that role."
> -Anonymous teacher



Figure 19 | Visual summary: 4 difficulties faced by teachers

An overview of the research results can be found in Appendix A.

5.2.7 Current initiatives

There are various initiatives that attempt to address the identified issues regarding drawing within O&O education. For instance, examples and demonstration (pre-drawing) are regularly used in classroom practice to provide students with a framework and to make the drawing process clear. Additionally, it is explicitly emphasized that drawings do not need to be perfect, with the aim of reducing uncertainty among students and stimulating a more open and experimental attitude. The importance of repeated practice and application is also emphasized, with teachers indicating that the skill typically develops as students get older and gain more experience. In some cases, drawing is explicitly offered as a skill, for example in the form of a series of lessons, workshops, or short warm-up exercises, to work specifically on the development of drawing skills within the curriculum.
Furthermore, teachers mention various supplementary/smaller interventions that are applied at a few schools. For instance, aids such as isometric paper, dummies, and LEGO are used to support spatial insight and the drawing process. A minimum number of sketches is also sometimes made mandatory to encourage students to draw actively. Furthermore, a so-called 'skills library' is used, in which skills are collected and made accessible to students. To lower the barrier to drawing, teachers ensure, for example, that materials such as paper and markers are immediately available. In some cases, external parties or companies are engaged to provide drawing lessons. Finally, drawing is sometimes integrated into a central start of the lesson, in which collective attention is paid to developing drawing skills.

Key insights chapter 5

- **Hand-drawing is mainly used during early design phases but not consistently throughout the process.** In O&O education, drawing is primarily used during brainstorming and concept development to communicate and iterate ideas, and occasionally for technical drawings and presentations. However, its use is not always structured or systematically supported.
- **Students face multiple interconnected difficulties that limit their use of drawing.** Students struggle due to lack of skills, insecurity and fixed mindsets, low motivation, large differences in ability levels, influence of digitalization, and limited opportunities to practice. Together, these factors reduce confidence and lead many students to avoid drawing or skip it during the design process.
- **Teachers and organizations face structural and professional barriers to teaching drawing.** Key difficulties include limited time, absence of drawing as a fixed curriculum component, negative or uncertain teacher expectations, and lack of expertise in teaching drawing skills. These barriers prevent consistent and effective integration of drawing into O&O lessons.
- **Teachers recognize the importance of drawing but often lack the tools and structure to teach it effectively.** While drawing is acknowledged as useful for communication and design thinking, many teachers struggle to provide clear instruction, feedback, and structured learning trajectories.
- **Small-scale initiatives exist but are not yet systematically implemented.** Current approaches include demonstrations, sketching requirements, warm-up exercises, spatial aids (e.g., isometric paper or models), and occasional workshops. These interventions show promise but are applied inconsistently across schools.

Framing the research context: What is O&O education, and who are the stakeholders involved?

Which factors affect stakeholders' perceptions, attitudes, and use of drawing within O&O education?

How can drawing contribute to learning processes and knowledge development in science and engineering education?

6

Summary and Conclusion

This literature review examined the role of drawing in the context of O&O education, by bringing together insights from design education in the context, adolescent development, and drawing as a cognitive and communicative learning tool.

The review started by outlining the context of O&O as a project-based STEM subject aimed at preparing students for real-world problem solving. Within this environment, students are expected to engage in iterative design processes that require analytical and creative skills. However, drawing is not structurally embedded in the curriculum and is often not being used in practice.

To better understand the focus-group of this research, the review examined developmental changes of the early adolescent. During the developmental phase, students experience significant cognitive growth including the emergence of abstract thinking, metacognition and hypothetical reasoning. At the same time, their motivation and engagement are strongly influenced by psychological needs such as autonomy, competence and relatedness. External factors, such as social media use, further shape their cognitive and emotional development. These characteristics directly impact how students approach complex tasks such as drawing and design.

A central part of the review is the focus on drawing itself. The literature shows that drawing is not merely an artistic skill, but a complex cognitive process involving perception, memory and visuomotor coordination. It functions as a powerful tool for thinking, learning and communication. Drawing supports the externalisation of ideas, reduces cognitive load, enhances problem-solving and enables iterative design processing. In addition, drawing contributes to the development of visual literacy, a skill that is essential for both interpreting and producing visual information in STEM contexts. The importance of drawing becomes even more evident in science and engineering education. Across different phases of the design process: research, ideation, development, drawing plays a crucial role in structuring information, generating ideas and conveying concepts. However, many students lack basic drawing skills due to limited exposure and instruction in earlier education. As a result, they often skip sketching and directly use digital tools such as CAD. This limits creativity and exploratory thinking.

The empirical findings from interviews with teachers and professionals confirm these issues in the context of O&O. Drawing is primarily used in early design phases but remains limited and inconsistent. Students face multiple barriers, including a lack of skills, insecurity, low motivation and limited practice. Teachers and schools encounter challenges such as time constraints, lack of curriculum integration, insufficient expertise and uncertainty about how to implement and teach drawing effectively. Although some initiatives exist, these are often fragmented and not structurally embedded in the curriculum.

All these findings point to a clear gap between the recognised value of drawing in design and engineering and its actual implementation in O&O education. This gap can be explained by a combination of factors: insufficient instruction, declining skill levels, negative perceptions of drawing and the increasing dominance of digital tools. These factors reinforce each other, leading to a cycle in which drawing is undervalued and underused.

In conclusion, drawing holds significant potential as a cognitive, educational and communicative tool within O&O education. It supports key aspects of the design process, enhances learning processes and aligns with the developmental needs of adolescents. However, to realise this potential, drawing must be more deliberately and structurally integrated into the curriculum. This requires clear learning objectives, targeted instruction, teacher support and a shift in perception (from drawing as an artistic talent to drawing as a learnable and essential design skill).

DEFINE

Section introduction

This section of the study builds upon the insights gained in the previous chapter and focuses on translating the identified challenges into a structured and actionable implementation plan. The aim is to refine the understanding of the problem space and to connect contextual insights to an appliable solution.
The first chapter, Reframing the Problem Space, revisits the initial problem definition in light of the findings gathered throughout the research process. By reconsidering the problem from multiple contextual perspectives. In the second chapter: Visualizing the Context and Solution, the contextual setup from chapter one is visualized into an overview of the contexts and stakeholders involved. Through visual representations, this section clarifies how different stakeholders within the O&O context interact and where targeted changes are required. These visualizations serve as a bridge between analysis and implementation by making complex relationships within the system explicit. The final chapter covers the solution direction. It translates the identified contextual changes into concrete implementation elements. These elements are organized into a structured plan that outlines the necessary implementation elements that are required to successfully integrate drawing within O&O education. Together, these elements form a cohesive strategy aimed at improving the quality of O&O education and strengthening the role of drawing as a vehicle for design and research processes.

Section contents

7 Reframing the problemspace 53
8 Visualizing the context 57
9 Solution: Implementation plan 71

7

Reframing the problemspace

Problem reframing

Following the Discover phase, in which the context of O&O education and the role of drawing within science and engineering were explored through literature and empirical research, this chapter focuses on reframing the identified problem space. While the previous phase provided insight into the current context, stakeholders, and existing challenges, the present chapter translates these insights into a structured and actionable problem definition. A structural absence of drawing within the O&O curriculum, teacher preparation, and student learning processes were identified in the Discover chapter. By analysing how these issues manifest across different organisational levels, the complexity of the problem becomes visible and allows for the identification of interrelated sub-problems. Based on this analysis, the chapter formulates a refined design assignment that addresses the gap between the recognized importance of drawing within science and engineering education and its current limited implementation in O&O education. A future vision is outlined to describe the desired situation across organisational, school, and student levels. Finally, the chapter concludes with the formulation of design requirements derived from the findings of the Discover phase.

7.1 The redefined problem

As discussed in the literature review: Higher education increasingly recognizes the importance of drawing within science and engineering curricula and aims to further integrate it into educational programs. However, these efforts are often hindered by the fact that incoming students lack basic drawing skills, making it difficult to build upon this foundation. Given that O&O is specifically designed to prepare students for further education and careers in the beta-scientific domain, it is essential that drawing is structurally embedded in its curriculum.

Drawing has no place in the O&O learning goals or the set curriculum of O&O. It also does not have a place in the teacher training for O&O. This results in teachers never having learned how to teach support and stimulate students how to draw. Teachers do not understand the value of drawing in science and engineering context (unless they have experienced it themselves).
This all results in teachers feeling like there is no time and essence in the curriculum to implement drawing.

This directly impacts their students. They receive little to no education, support or stimulation to engage in drawing within O&O. As a result, they do not develop drawing skills or visual literacy. Without experience and guidance, they never learn the value of drawing as a design tool in science and engineering.

This results in students feeling insecure and unmotivated about drawing. Some of them will prefer digital tools over hand-sketching.

During the deconstruction of the problem analysis, three distinct organisational levels were identified at which different sub-problems occur:

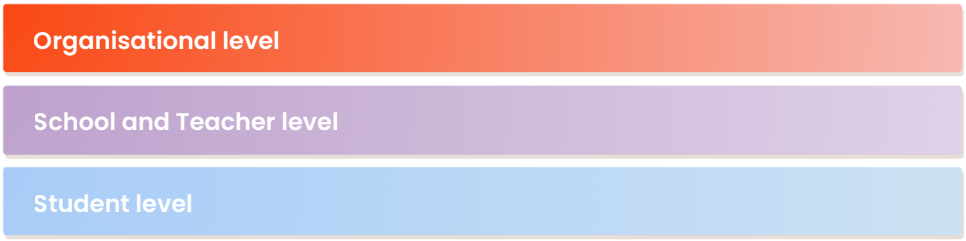


Figure 20 | Organisational levels in the O&O organisational structure

On the following page, an overview can be found of the problems that occur in the different organisational levels and how these problems relate to each other and influence each other.

7.2 The redefined Assignment: An implementation plan for drawing in O&O education

The Research & Design curriculum aims to prepare students for future education and careers in the STEM domain by engaging them in authentic design processes. However, both literature and empirical research show that drawing (despite its proven value as a cognitive, communicative, and learning tool) is currently underutilized within O&O education. The assignment will therefore be to make an implementation plan for drawing in O&O on an organisation, school and student level. The plan should aims to bridge the gap between the recognized importance of drawing in science and engineering and its current limited implementation in O&O education.

7.3 Future Vision

On an organisational level: The organisation (Stichting Technasium and the teaching program) can keep their structure focused on preparing students for science and engineering careers in which drawing plays a leading supporting role as a skill in the O&O educational program.

On the school and teacher level: The teacher gets support and guidance in how to incorporate drawing into their daily O&O teaching plan.

On a student level: The students gets education, support and stimulation when it

comes to using drawing as a cognitive learning and communication tool in their O&O projects. As a result, they feel supported and more confident when it comes to drawing as part of the curriculum.

Identified problems in the organisational system of O&O education

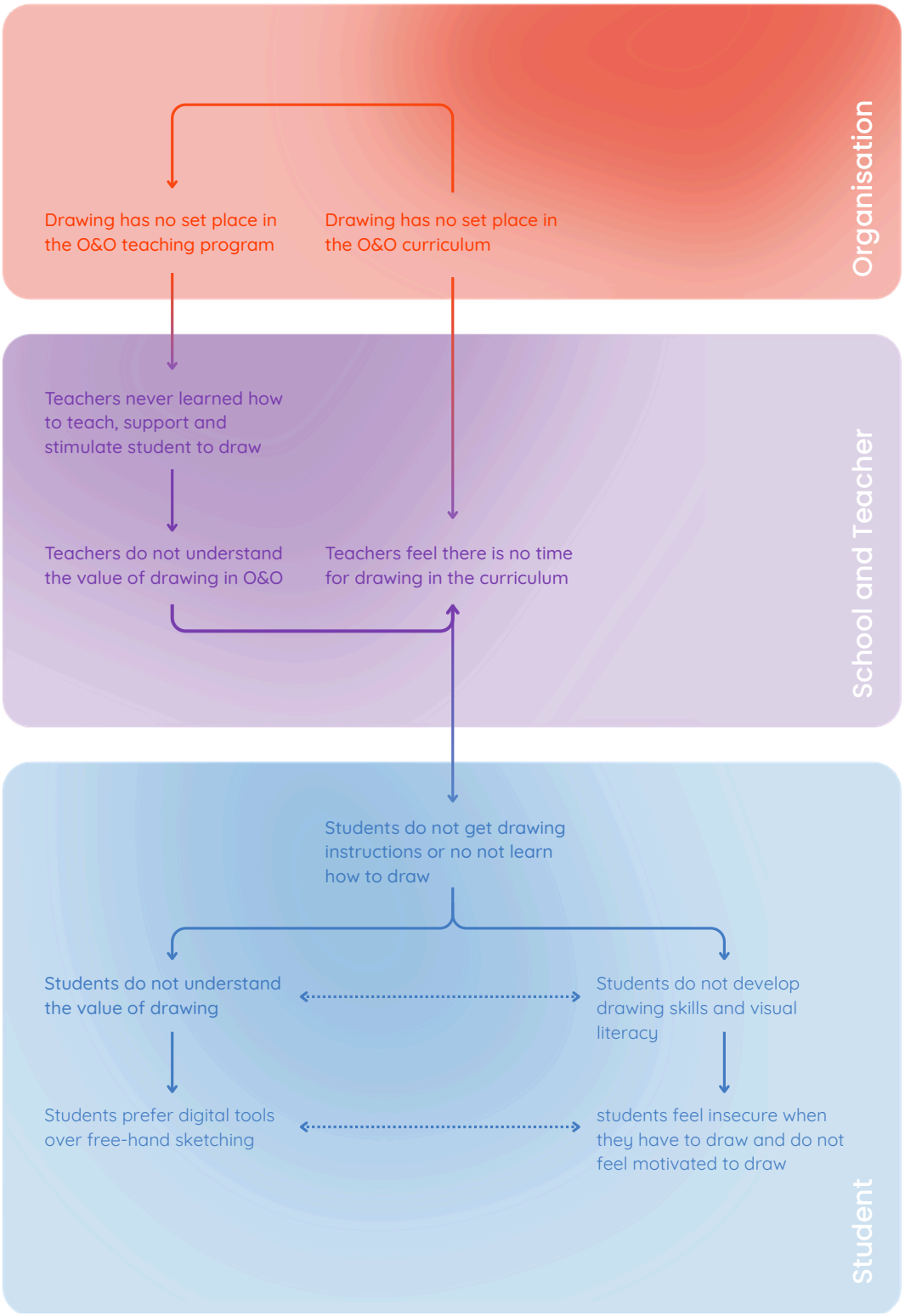


Figure 21 | Identified problems in the organisational structure of O&O education

7.4 Design Requirements

Based on the findings from the Discover phase, a list of requirements was established to guide the design of a solution to the newly formulated problem. This list consists of four components: core objectives, organisational requirements, requirements for schools and teachers, and requirements for students. The design requirements are divided into three categories based on context to allow for context-specific requirements. These requirements ensure that the different components of the solution are tailored to their respective contexts. The complete list can be found below. The grey requirements are “wishes". These requirements aren't mandatory, but it would be beneficial if they were covered as well.

Core objectives

1. The design solution should enable the integration of drawing into all phases of the O&O design process.
2. The design must contribute to the development of drawing skill and visual literacy to the point where the student is able to autonomously make a communicative drawing of their project subject.
3. The design must position and communicate drawing as a tool for thinking, learning and communication within the O&O (design) process.

For students

4. The design solution must use clear, simple language and explanations that are understandable for students aged 12–15, without requiring prior subject knowledge.
5. The design should stimulate students to start drawing.
6. The design should stimulate students to draw at least once every O&O lessons.
7. The design must help students understand when and why to use drawing.
8. The design solution should reduce students' perceived insecurity about drawing.
9. The design must be adaptable to different (drawing) skill levels.
10. The design must be implementable in all (types of) O&O projects.
11. The design must be adaptable to different educational grades.
12. The design must inform students about the value of drawing in science and engineering.
13. The design must improve the communicative value of students' drawings compared to the drawings they produced before using the tool.
14. The design should use an age-appropriate visual style for students aged 12–15.
15. The design should exude professionism and educational value through layout, typography, and overall presentation.
16. The design should be visually appealing and inviting for students to use.

For Teachers and Schools

17. The design solution should enable teachers without formal drawing training to successfully implement and guide the drawing activities after reading the provided instructions.
18. The design must help teachers understand the value of drawing in an O&O context.
19. The design should be integrable into existing lessons without requiring more than a short introduction for teachers (e.g., no more than 15 minutes of preparation or training before first use).
20. The design must provide teachers with clear guidance on how to teach and apply drawing in an O&O context.
21. The design must be implementable within the existing O&O lesson program without requiring changes to the structure, content, or sequence of the lesson plan, as verified by teacher testing.
22. The design must embed drawing within the design process, not as a separate activity.
23. The design must be time-efficient and compatible with the limited time available in O&O lessons.

For Organisations

24. The design solution must support the long-term and repeated use of drawing within O&O lessons, ensuring that drawing activities can be consistently reused across multiple projects without needing redesign.
25. The design must shift perception of drawing from artistic skill to a functional design tool.

8

Visualising the context

Context Mapping

This chapter provides a detailed overview of the context in which the identified problems occur. As the assignment has been redefined as the development of an implementation plan for drawing in O&O education, it is important to establish a clear understanding of where and within which systems such a plan should be implemented. Therefore, this chapter further analyses the context in order to reveal potential structures for solutions.
The chapter presents an overview of the three organisational systems within O&O education (organisational structure, school and teacher structure and the student structure). Within these systems, it identifies where change is required and explores how such change can be achieved. At the end of the chapter, the content of the implementation plan is presented. The analyses presented in this chapter form the rationale for the development of the final version of the plan.

8.1 Context 1: Organisational context

To create an overview of the organisational context, all stakeholders have to be indentified.

8.1.1 Stakeholders organisational context

The first context to be discussed is the organisational context. This is the most complex of the three contexts, as it involves the largest number of stakeholders. On the next page, these stakeholders and their roles within the system are described:

- **Technasium Foundation (Stichting Technasium):**
  The Technasium Foundation occupies a central position within the organisational structure. It is responsible for managing and connecting all Technasium schools and for safeguarding the quality of O&O education. One of the ways in which this is achieved is through the maintenance of Technasium networks:
  - Technasium Network: A Technasium network is a collaboration between a group of five to eight Technasium schools. These schools meet several times a year to discuss the quality of O&O education and to share knowledge and ideas. These meetings are facilitated by a network coordinator.
  - Network Coordinator (Netwerkregisseur): This is a management position within the Technasium Foundation. Network coordinators chair Technasium network meetings and safeguard the quality of Technasium education by reporting outcomes and findings from these meetings back to the Foundation.
  - Technasium Academy: Teachers who wish to become O&O teachers are required to complete a course on project-based teaching at the Technasium Academy. This course lasts approximately one week. Upon completion, teachers from other subject areas are qualified to teach O&O lessons. In addition to issuing O&O teaching certification, the Technasium Academy also provides webinars and additional courses, allowing teachers to update their knowledge when needed.

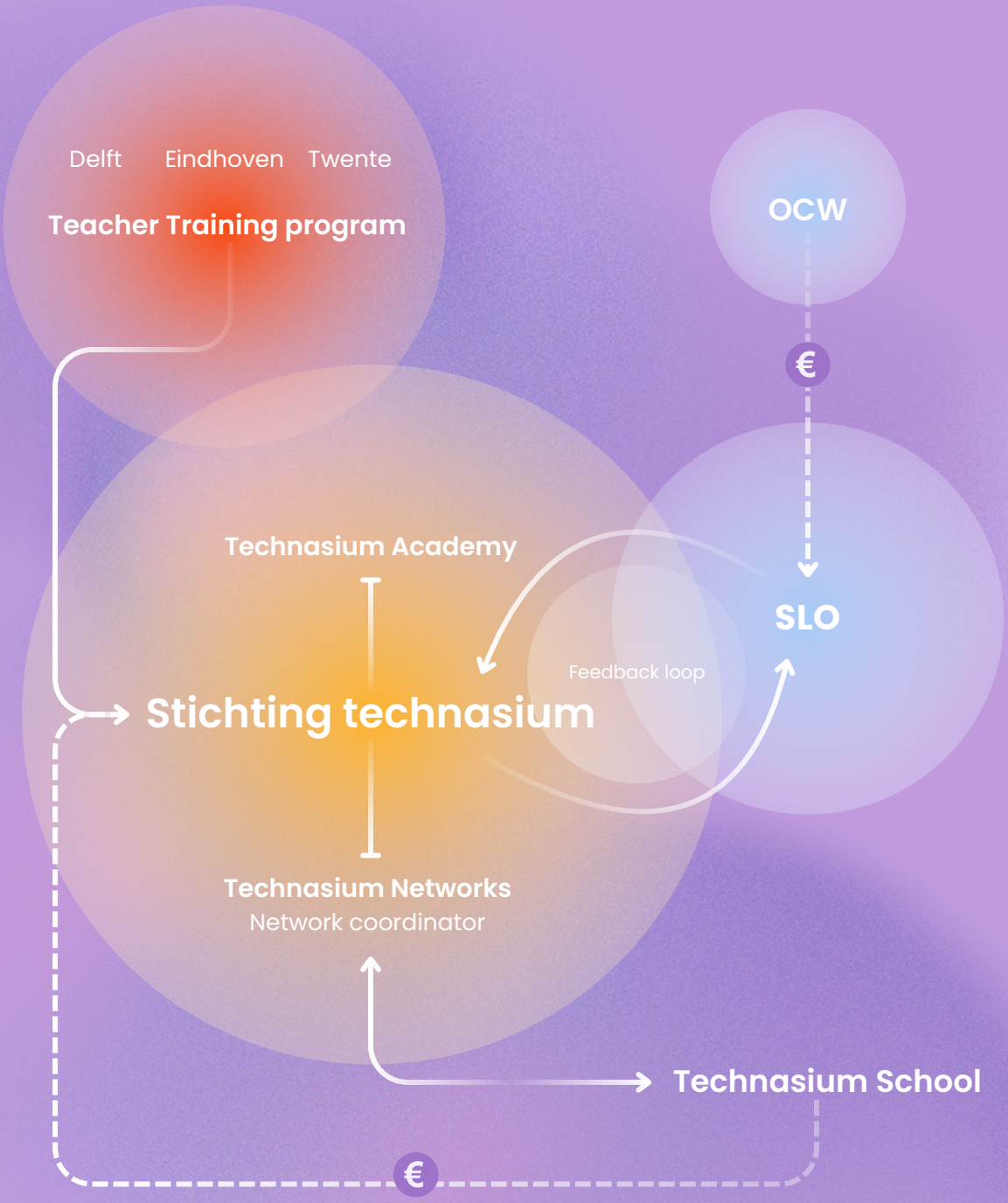
  The Technasium Foundation is funded by the Technasium schools themselves, which pay the Foundation in exchange for training and advisory services.

- **Teacher Training Programs**
  In Delft, Eindhoven, and Twente, at the three technical universities in the Netherlands, it is possible to complete a teacher training program to become an O&O teacher. Entry into this program requires completion of a technical applied bachelor's degree (specific requirements are described in Appendix B).

- **Dutch Institute for Curriculum Development (SLO – Stichting Leerplanontwikkeling)**
  The learning objectives for the O&O subject are developed by the Technasium Foundation in collaboration with the SLO. The SLO is a national centre of expertise that develops core objectives, final attainment levels, and learning pathways for primary and secondary education on behalf of the Ministry of Education, Culture and Science (OCW). This process is referred to as curriculum development. The SLO is funded by the Ministry of Education, Culture and Science.

  To gain a clearer understanding of the organizational structure within the O&O education context, interviews were conducted with key individuals within the network. One representative from each main organization in the structure was interviewed.

  - From Stichting Technasium: Antje Tibbe, responsible for the Technasium Academy, and Anne Schellekens, responsible for quality and education.
  - From SLO: Marijn Meijer, responsible for developing curricula for the STEM subjects.
  - From Teacher education programs: Nienke Nieveen (Eindhoven University of Technology), who is also a board member of Stichting Technasium and professor of curriculum development; and Eveline Holla, teacher educator at Delft University of Technology.



Organisational context

In this infographic, the relationships between different stakeholders within the organizational context are illustrated, as well as the types of interactions between them. The process by which this visual was developed is explained in more detail on the following page.

Figure 22 | Organisational context of O&O

Additional explanation infographic

Because Stichting Technasium is the main body behind O&O education, it is positioned at the center of the visual. The relationships between the different stakeholders in the structure are indicated with arrows. Further explanation will be provided here.

There is no direct relationship between the Technasium Foundation and the teacher training program for O&O teachers. Although the Technasium Academy and the teacher training program share the same ultimate goal (training O&O teachers) they achieve this through different pathways. This difference exists because the teacher training program provides education for individuals who do not yet have teaching experience (unless they are enrolled in the advanced specialization component). As a result, this program primarily focuses on subject didactics and pedagogy.
The Technasium Academy, on the other hand, targets teachers who are already teaching another subject and who now intend to teach O&O. Consequently, the course mainly focuses on delivering or facilitating project-based education. There is some consultation between the two stakeholders; however, this occurs only infrequently.

A feedback loop exists between the Technasium Foundation and the SLO. These parties collaborate in developing the curriculum for O&O. The parties hold meetings every six weeks. In addition, an advisory body is involved in the development of the curriculum. This body consists of a group of teachers and other specialists. The curriculum structure is shown below.

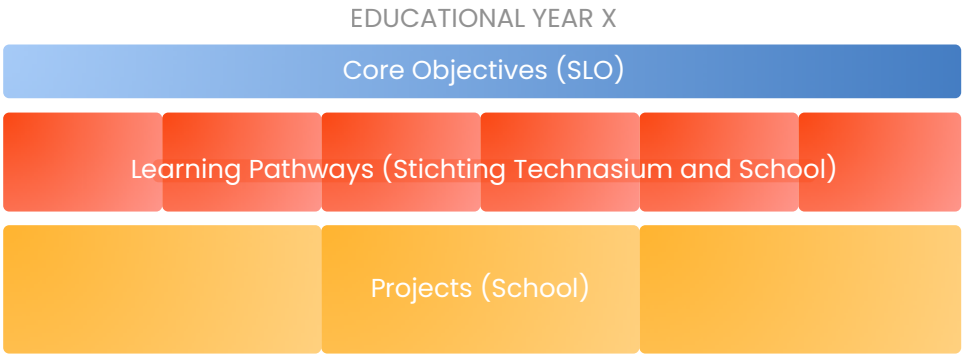


Figure 23 | Curriculum structure O&O education

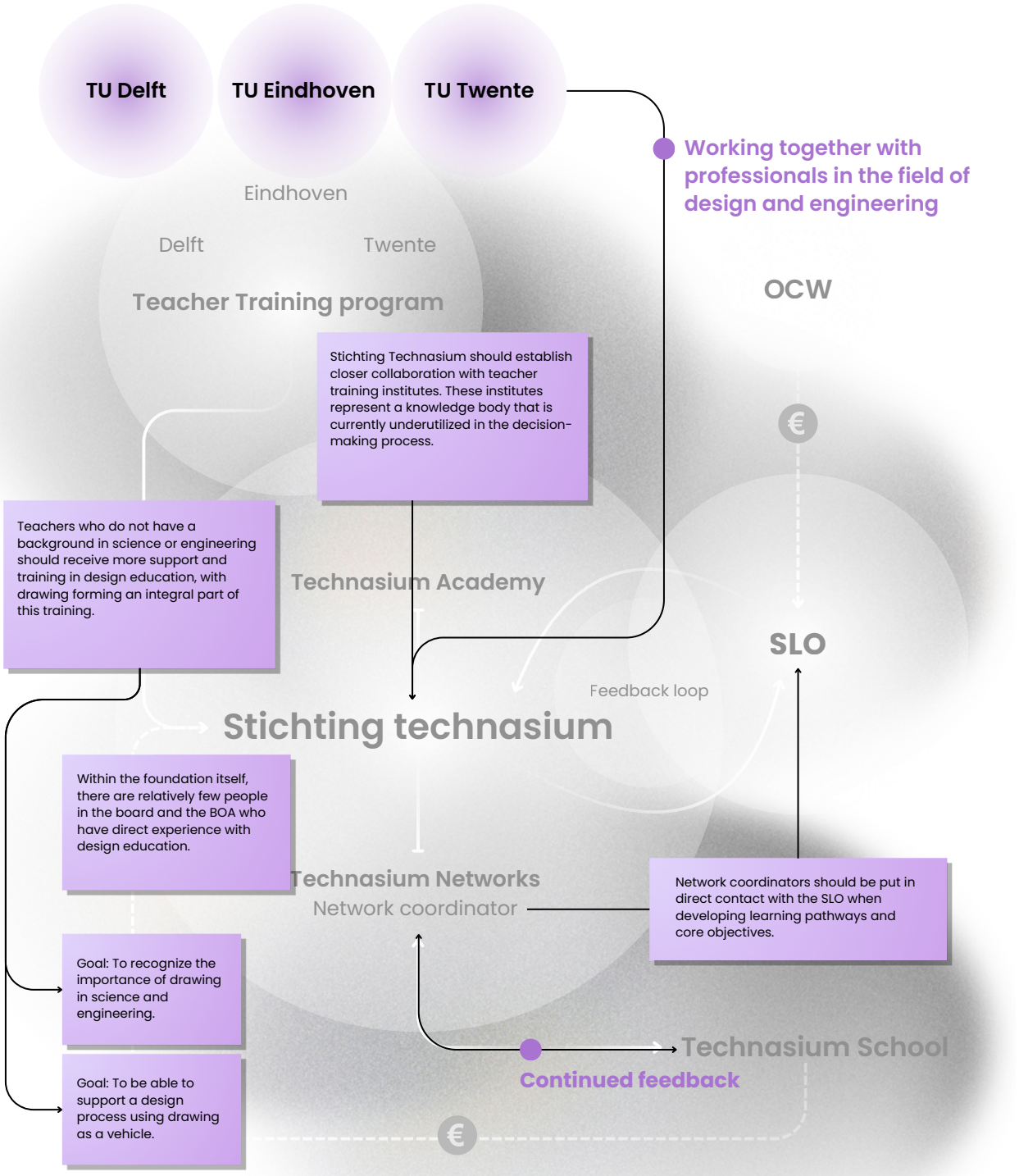


Figure 24 | Organisational context with changes

8.1.2 Required contextual changes

In the figure above, the changes required within the context are shown in purple. These changes are necessary to make drawing a more substantial component of O&O education and to improve the quality of education. In the adjacent figure, these required changes are consolidated into an action plan. This action plan considers what is needed to successfully implement these changes in practice.

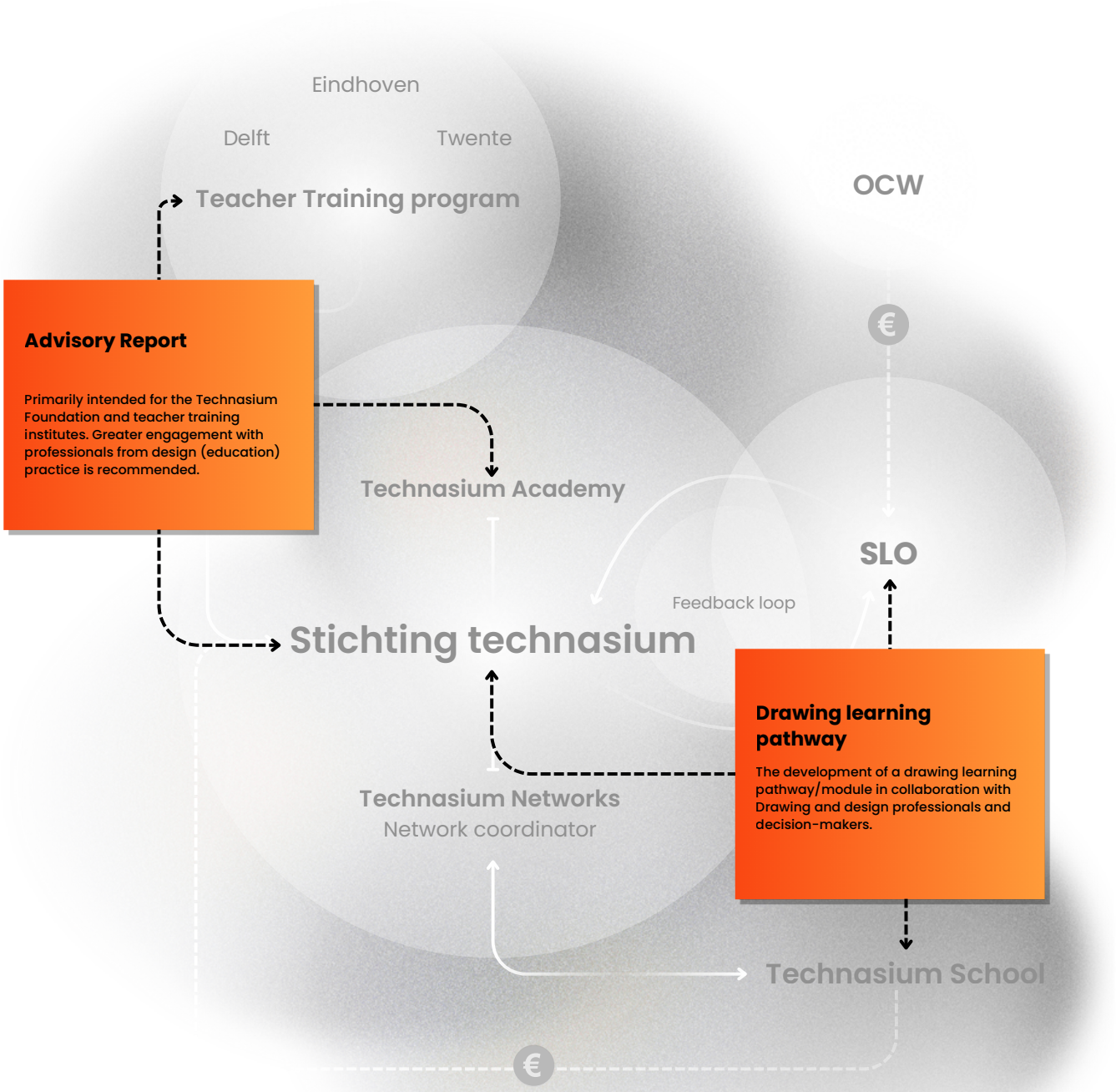
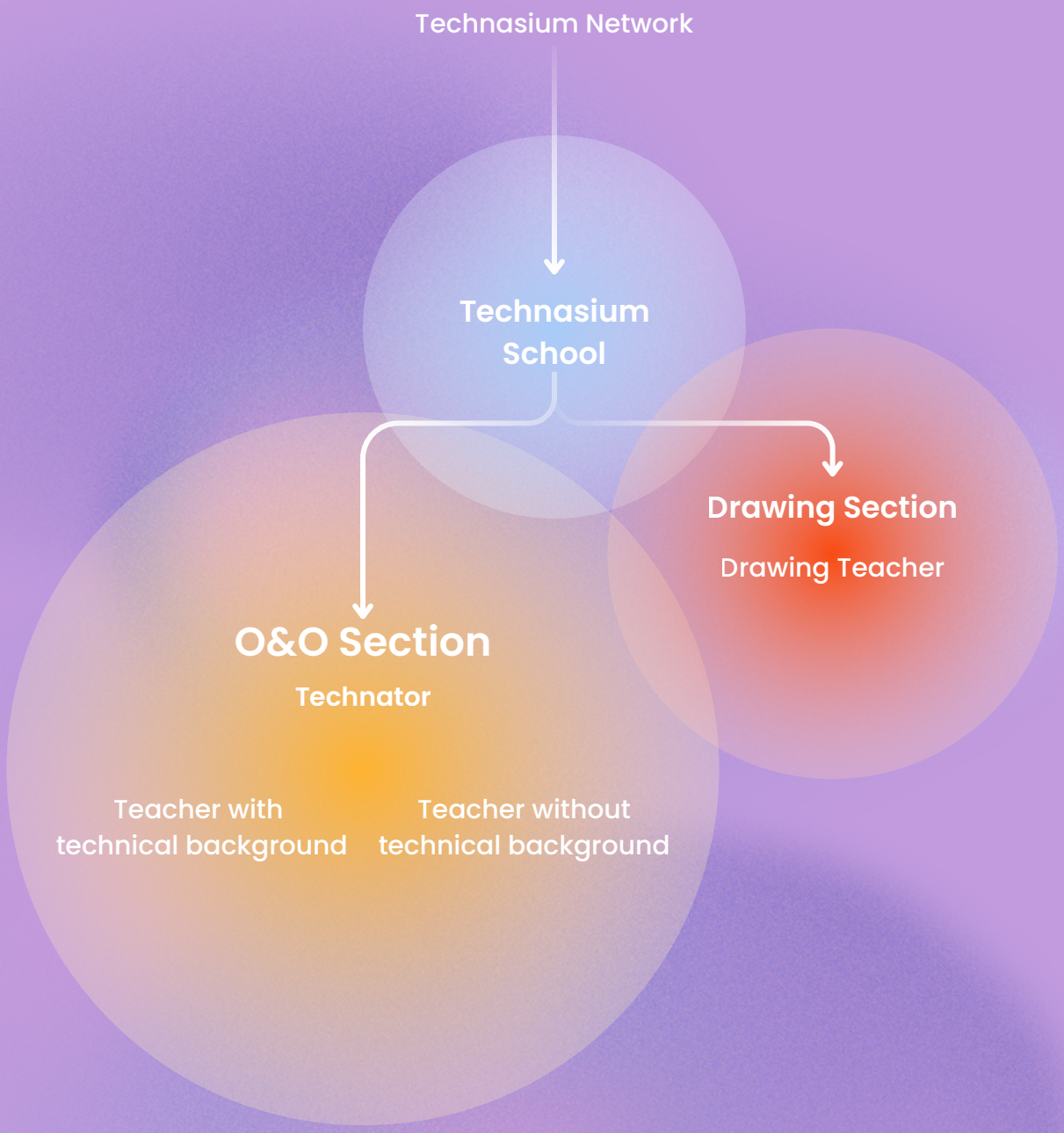


Figure 25 | Organisational context with implementations

8.1.3 Required implementation

In the figure above, the changes shown on the left-hand page are grouped into components for an implementation plan. Within the organizational context, this requires an advisory report and a drawing learning pathway. The arrows in the visual indicate which stakeholders will be involved in the development and implementation of these components of the plan.



School and Teacher context

In this infographic, the relationships between different stakeholders within the School and Teacher context are illustrated, as well as the types of interactions between them. The process by which this visual was developed is explained in more detail on the following page.

Figure 26 | School and Teacher context of O&O education

8.2 Context 2: School and Teacher context

To create an overview of the School and teacher context, all stakeholders have to be indentified.

8.2.1 Stakeholders School & Teacher context

The second context to be discussed is the School and Teacher context. Although this context is less complex than the organisational context, it is just as important. Below, the stakeholders and their roles within the system are described:

- **The O&O Section**
  Within this context, the O&O department is the primary stakeholder. To gain a clear understanding of the overall O&O context, it is important to fully understand all stakeholders within this department. The size of the department depends on the size of the school and can range from as few as three O&O teachers to as many as ten.
  In this overview, teachers are divided into two categories, which will be discussed below:
  - Teachers with a technical background: These teachers have completed a technical degree and possess subject-specific knowledge within the field. Most of them have studied Architecture or Industrial Design, after which they completed a teacher training program to obtain a teaching qualification.
  - Teachers without a technical background: These teachers have not completed a technical degree. They often join the O&O department from another school subject. To prepare for this role, they typically follow a course at the Technasium Academy.

  It is important to distinguish between these two categories of teachers because, as emerged from the interviews conducted during the “Discover” phase of this study, teachers without a technical background often experience significantly more difficulty in supporting students during creative processes within the O&O process. This also includes drawing. Graduates in Architecture and Industrial Design typically received drawing training as part of their studies and therefore more often recognize its added value.
  - The O&O department is led by a Technator: It is his or her responsibility to safeguard the quality of the subject. Technators often chair meetings and maintain oversight of which teachers fulfill specific roles within the O&O team.

- **Technasium School**
  A Technasium school is always connected to the Technasium Foundation and is part of a Technasium network. In many cases, technators are the ones who maintain close contact with the network. A school may only be designated as a Technasium school if O&O education is provided, as O&O functions as the core vehicle of the Technasium concept.

- **Drawing Section**
  Within this context, the drawing department is also included as a stakeholder. Although its role in the O&O context is currently limited, it has the potential to fulfill a meaningful role in the future.

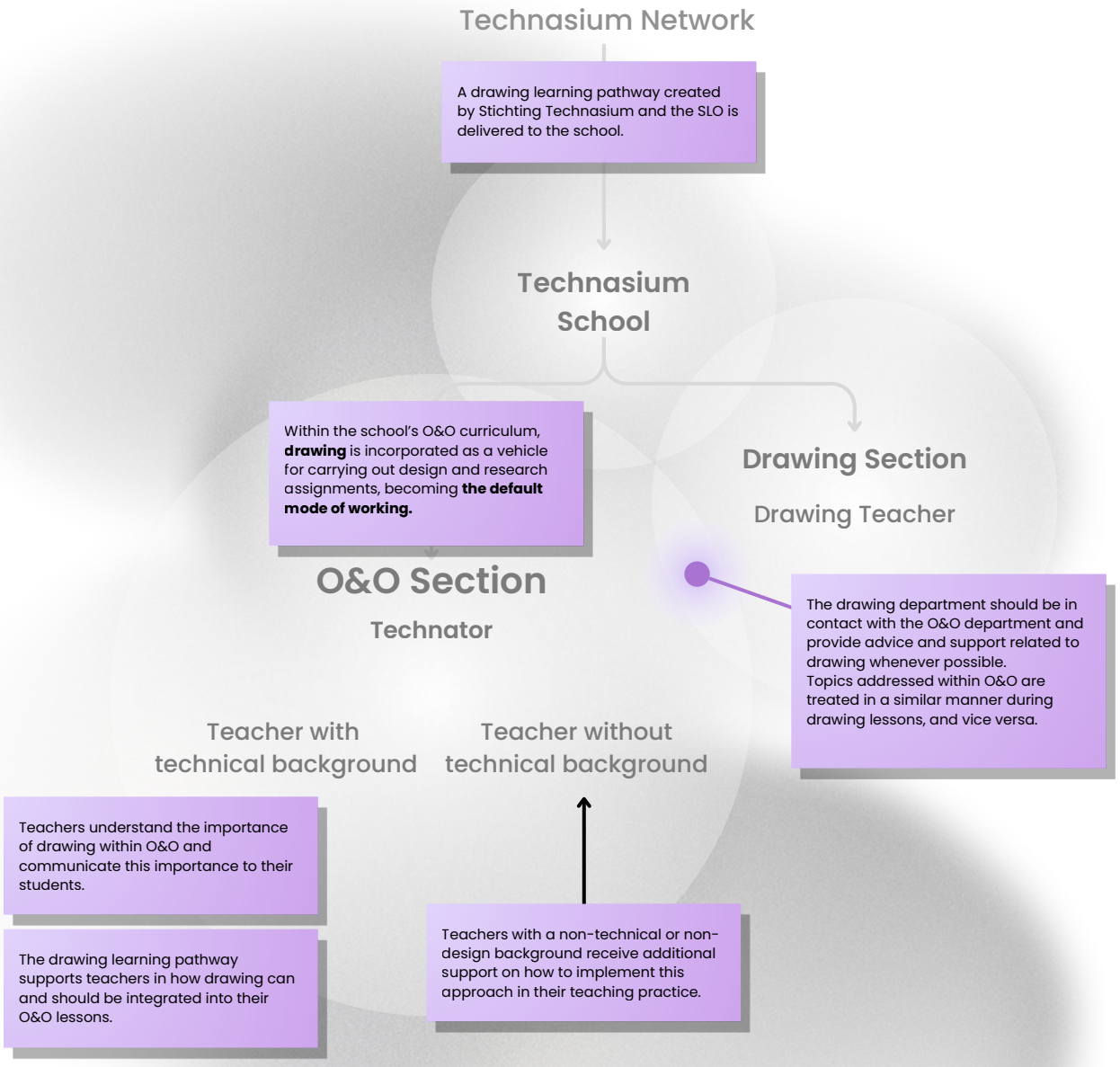


Figure 27 | School & Teacher context with changes

8.2.2 Required contextual changes

In the figure above, the changes required within the context are shown in purple. These changes are necessary to make drawing a more substantial component of O&O education and to improve the quality of education. In the adjacent figure, these required changes are consolidated into an action plan. This action plan considers what is needed to successfully implement these changes in practice.

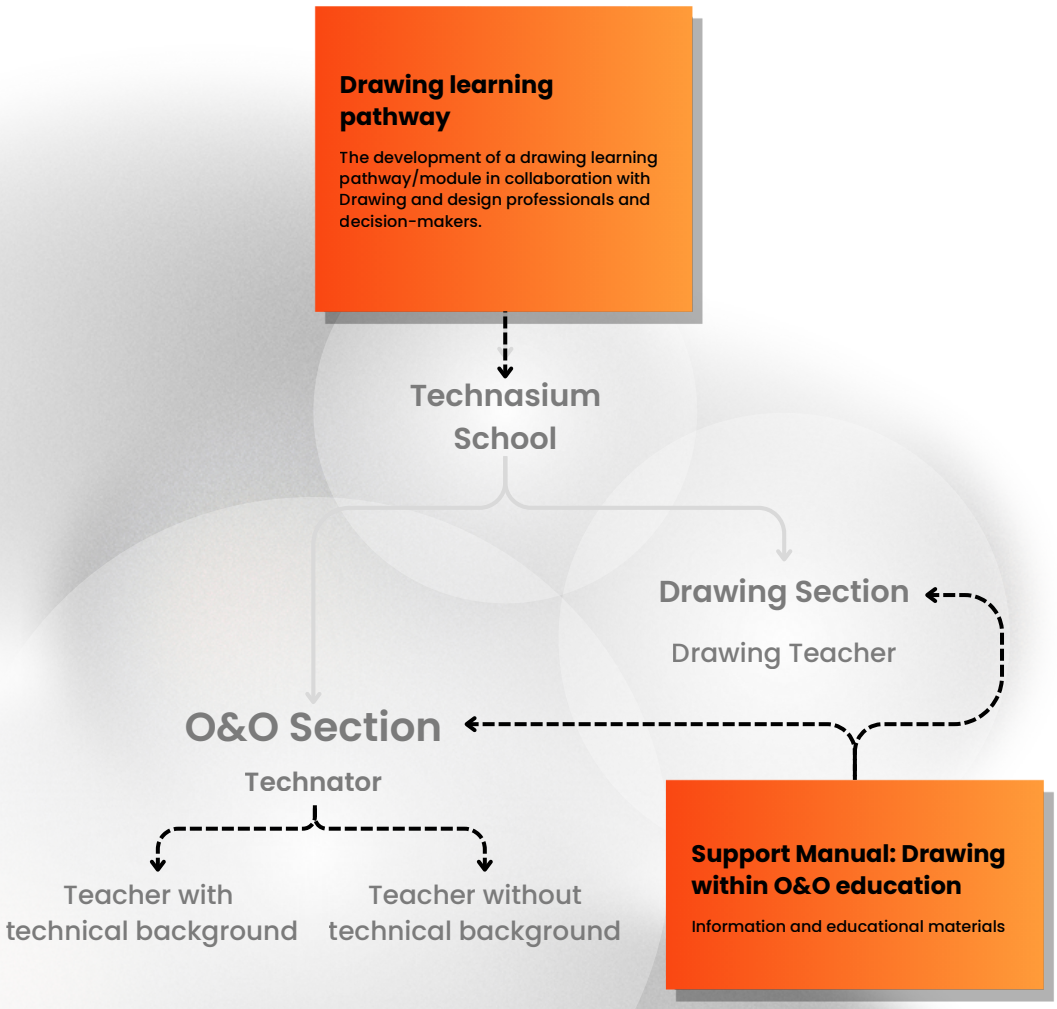
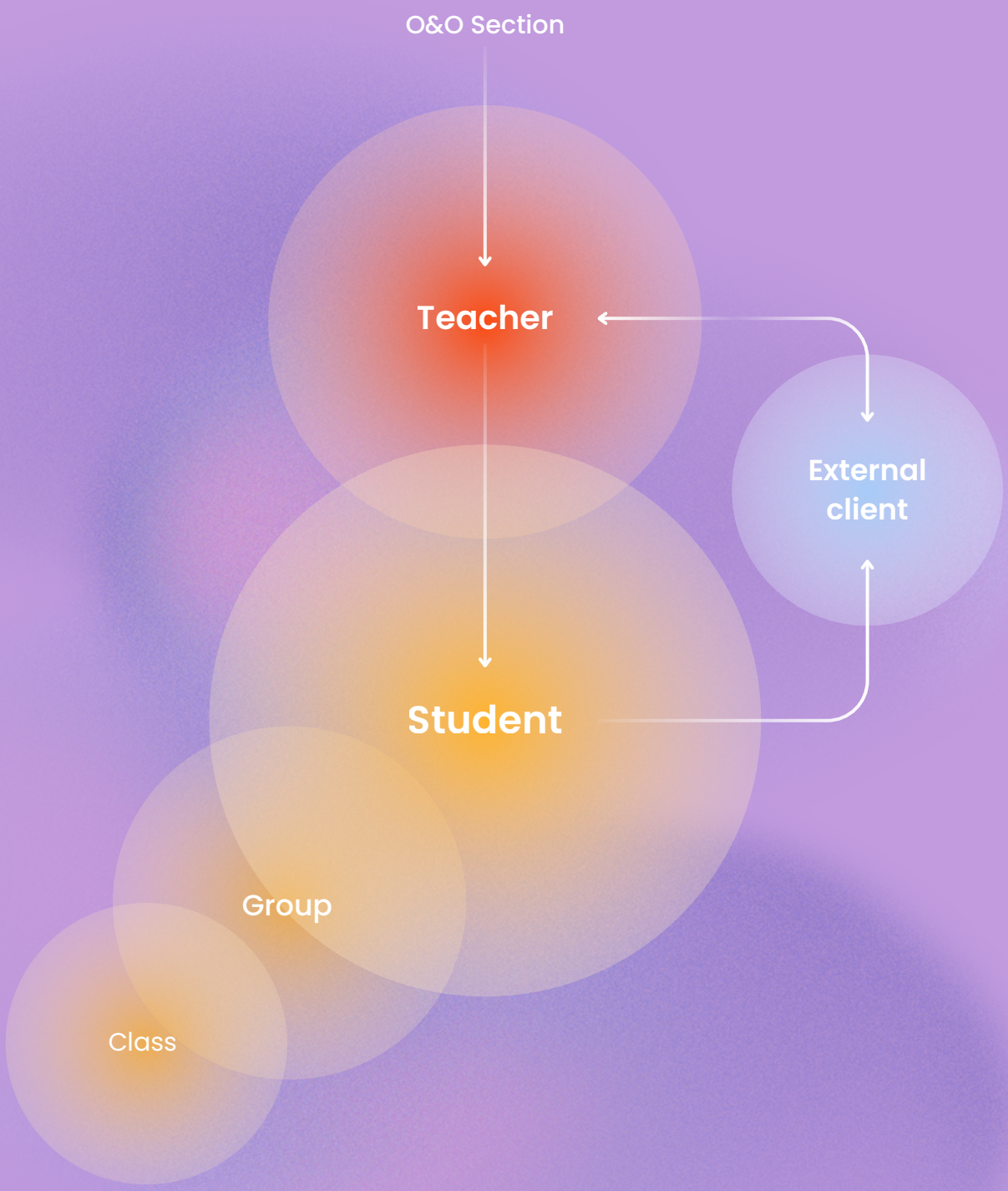


Figure 28 | School and Teacher context with implementations

8.2.3 Required implementation

In the figure above, the changes shown on the left-hand page are grouped into components for an implementation plan. Within the School and Teacher context, this requires a drawing learning pathway and a support manual for drawing within O&O. This support manual will guide teacher in incorporating drawing in their O&O lesson program. The arrows in the visual indicate which stakeholders will be involved in the development and implementation of these components of the plan.



Student Context

In this infographic, the relationships between different stakeholders within the Student context are illustrated, as well as the types of interactions between them. The process by which this visual was developed is explained in more detail on the following page.

Figure 29 | Student context in O&O education

8.3 Context 3: Student context

To create an overview of the organisational context, all stakeholders have to be indentified.

8.3.1 Stakeholders School & Teacher context

The final context focuses on the student. It represents everything that takes place within the O&O classroom. In this context, the student plays the central role. The student is also the primary stakeholder and the main target group of the O&O subject, making this an essential context to consider.
Although this context may appear structurally straightforward, it is important to thoroughly understand the needs and wishes of the individual stakeholders within it to be able to map out what needs to be changed in this particular context.

- **Student**
  The student plays a central role in this context. This is because students are in contact with all stakeholders within the context, but also because the entire O&O context, at the organizational level, at the school and teacher level, and within the classroom, works toward a single end goal: providing a meaningful and educational subject for the student. Everything that happens at the higher levels is carried out with this end user (the student) in mind.
  An important aspect to recognize is that the teacher works with a class of students who are each following their own individual learning processes. Because O&O is a project-based subject, the "student group" is also considered a stakeholder within this context. It is therefore important that solution-oriented implementations take into account the individual student, the group, and the class as a whole.

- **Teacher**
  The second stakeholder within this structure is the teacher. The teacher should be seen as the "spokesperson" of the entire overarching structure toward the student. It is important that teachers are able to clearly and effectively communicate to students what has been decided within the higher-level structures regarding core objectives and learning pathways.

- **External Client**
  The final stakeholder within this structure is the external client. This stakeholder collaborates with the teacher when setting up classroom projects and also interacts directly with the students. The external client communicates the initial assignment to the students, and student groups present their final results to the client at the end of a project.

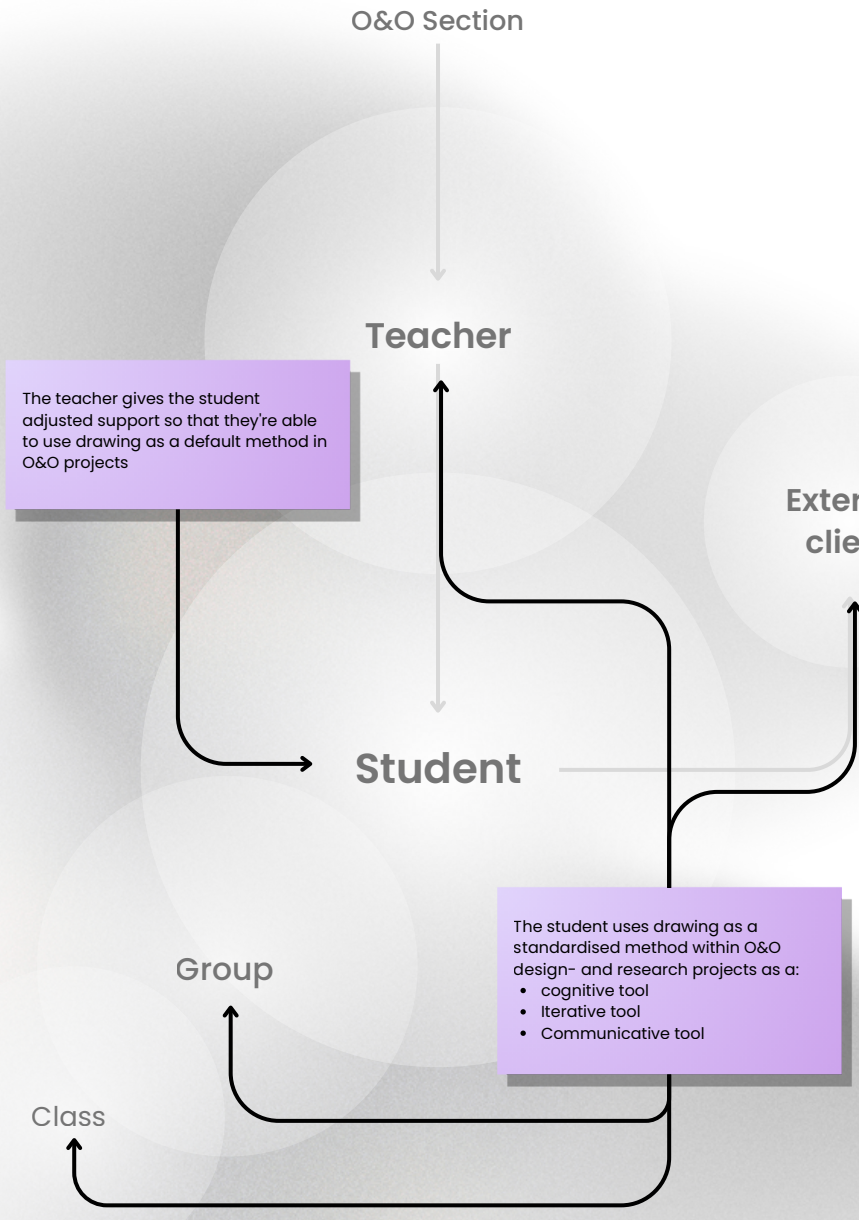


Figure 30 | Student context with changes

8.3.2 Required contextual changes

In the figure above, the changes required within the context are shown in purple. These changes are necessary to make drawing a more substantial component of O&O education and to improve the quality of education. In the adjacent figure, these required changes are consolidated into an action plan. This action plan considers what is needed to successfully implement these changes in practice.

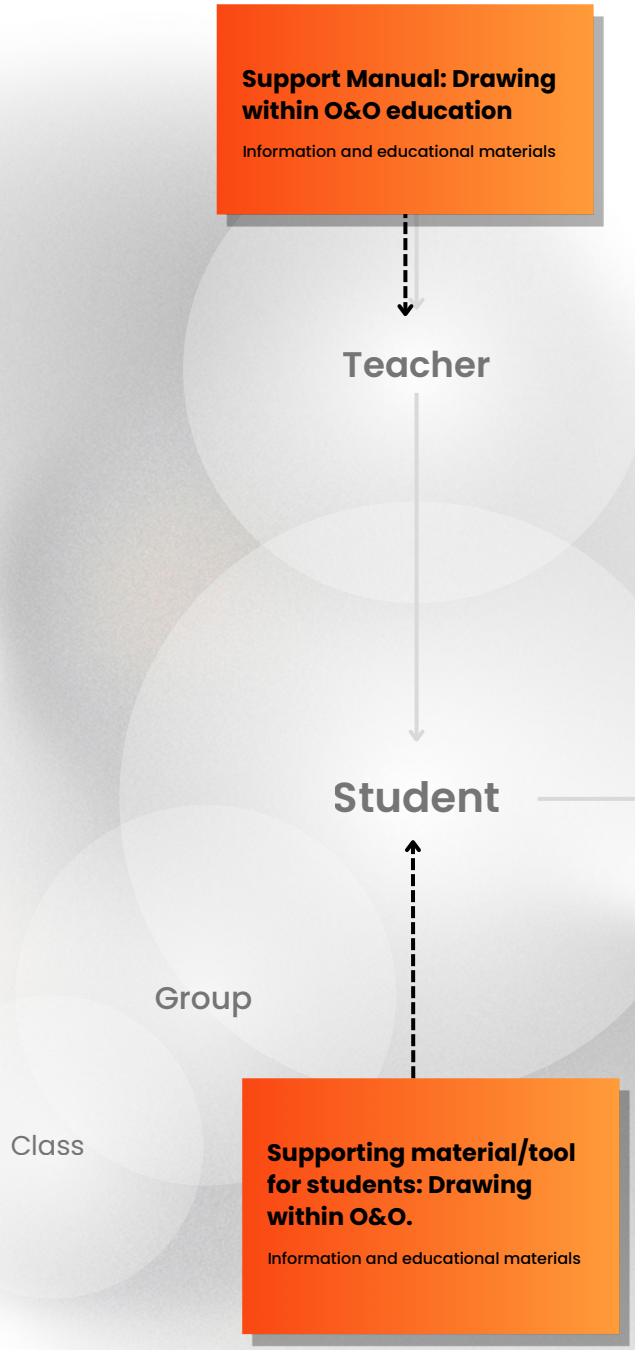


Figure 31 | Student context with implementations

8.3.3 Required implementation

In the figure above, the changes shown on the left-hand page are grouped into components for an implementation plan. Within the Student context, this requires a support manual for drawing within O&O and supporting materials or tools for students. This material or tool will guide students in incorporating drawing in their O&O projects. The arrows in the visual indicate which stakeholders will be involved in the development and implementation of these components of the plan.

9

Solution: Implementation plan

Following the development of contextual overviews in Chapter 2, this chapter focuses on finalizing an implementation plan.

Within each context, necessary contextual changes were identified (shown in purple), and based on these changes, the required implementation elements were formulated. Some of these elements overlap and are applied across two different contexts to bring about change. The overview alongside this text presents the four implementation elements and indicates the contexts in which these elements will be applied (see Figure 32). In addition, Figure 33 illustrates how closely these implementation elements relate to the target group of the overall O&O context: the student. Together, the four implementation elements form the solution to the problem formulated in Chapter 1: an implementation plan for integrating drawing into O&O education.



Figure 32 | Implementation Plan

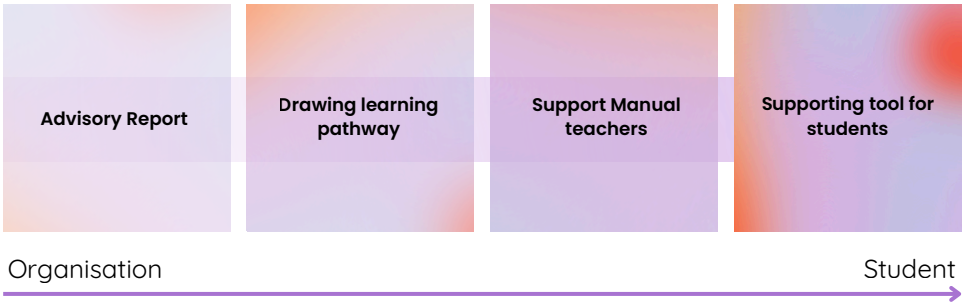


Figure 33 | Implementation elements: closeness to the target-group

DEVELOP

Section introduction

This section describes the concept development phase of the design process in which the different elements of the implementation plan will be developed. First, different ideas are generated using brainstorming techniques. Afterwards, ideas are selected for further development. One selected idea (DRWCRDS) is fully developed (the steps of the development are also described in this section); afterwards, it was tested in the educational context.
Based on the findings from the test, DRWCRDS was altered into a new concept: Studio Schets. Again, the different phases of the production of the prototype are thoroughly described and design choices are explained in chapters 14 and 15. Afterwards, Studio Schets was tested in the educational setting. In figure 34 below, an overview of this section is shown.

Idea generation & selection



Figure 34 | Develop Section-overview

Section contents

10 Idea generation and selection 75
11 Concept development: DRWCRDS 89
12 Testing the concept: DRWCRDS 107
13 Design refinement 115
14 Concept development: Studio Schets 121
15 Concept development: Physical Design 131
16 Concept development: Workshop 137
17 Testing the concept: Studio Schets 139

10

Idea generation and selection

This chapter describes the methods used to generate ideas for the student tool throughout the project. The ideas developed during this process are presented and explained. Afterwards, these ideas will be evaluated and selected based on the projects design requirements and objectives.

The design requirements can be found on page 56.

10.1 Design methodology

To generate a wide range of ideas, several idea generation methods were used throughout the project. These methods encouraged creative thinking from different perspectives and helped explore a variety of possible solutions.

10.1.1 Brainstorming and Brain-Drawing

Brainstorming was used to quickly generate many ideas related to the project objectives. During this process, all ideas were recorded without immediate evaluation or criticism. This encouraged free thinking and allowed both conventional and unconventional ideas to emerge. The generated ideas were later reviewed and refined.
Brain-drawing is a visual variation of brainstorming in which ideas are communicated through sketches rather than words. Initial ideas were drawn on paper and then further developed by adding details or combining elements from different sketches. This method was particularly useful for exploring product forms, layouts, and design features that are easier to communicate visually.

10.1.2 Random Stimuli

The random stimuli method was used to stimulate creative thinking by introducing unrelated images into the ideation process. Connections were then made between the random stimulus and the design challenge. By forcing new associations, this technique helped overcome conventional thinking patterns and led to novel ideas that may not have emerged through traditional brainstorming alone.

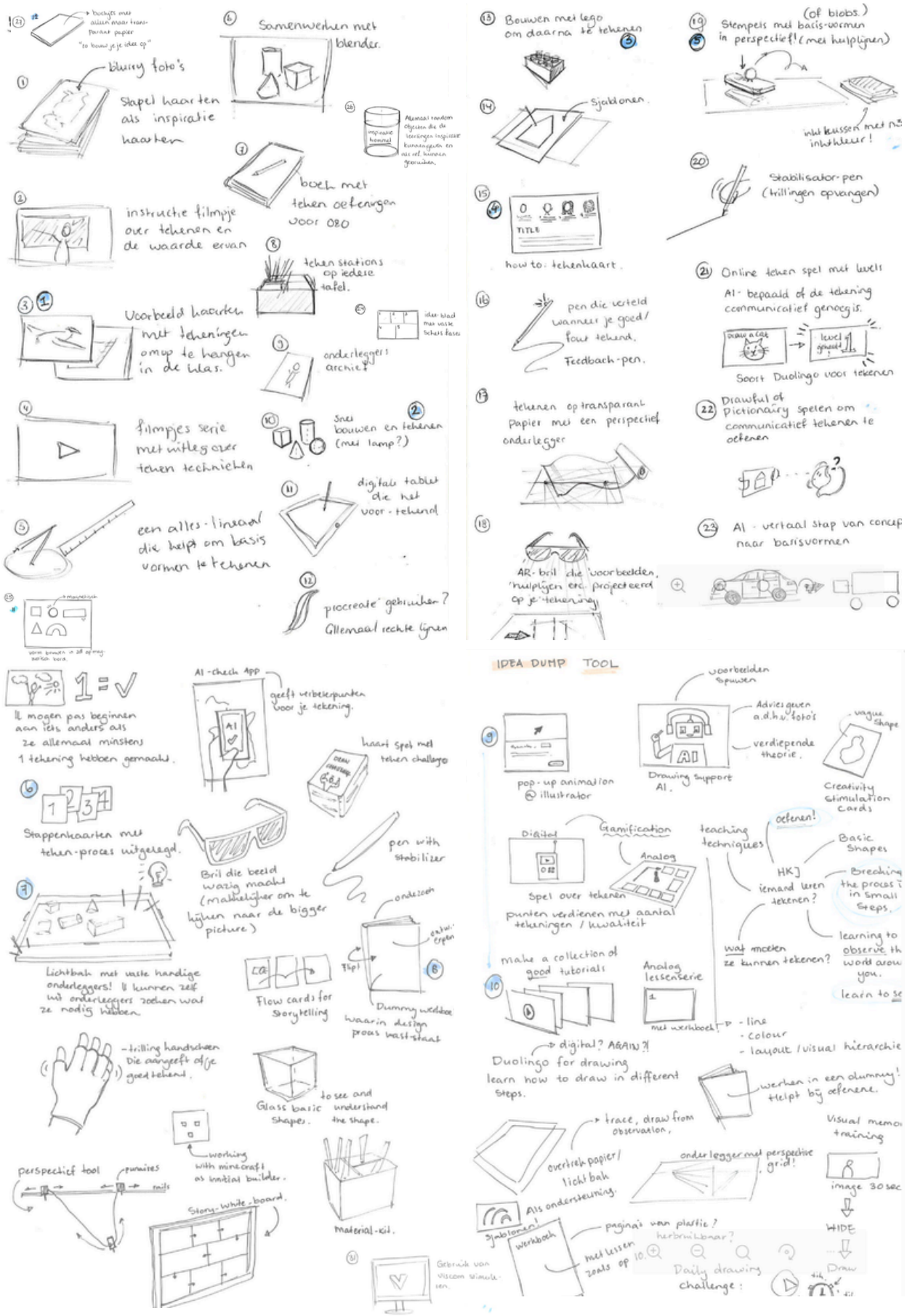
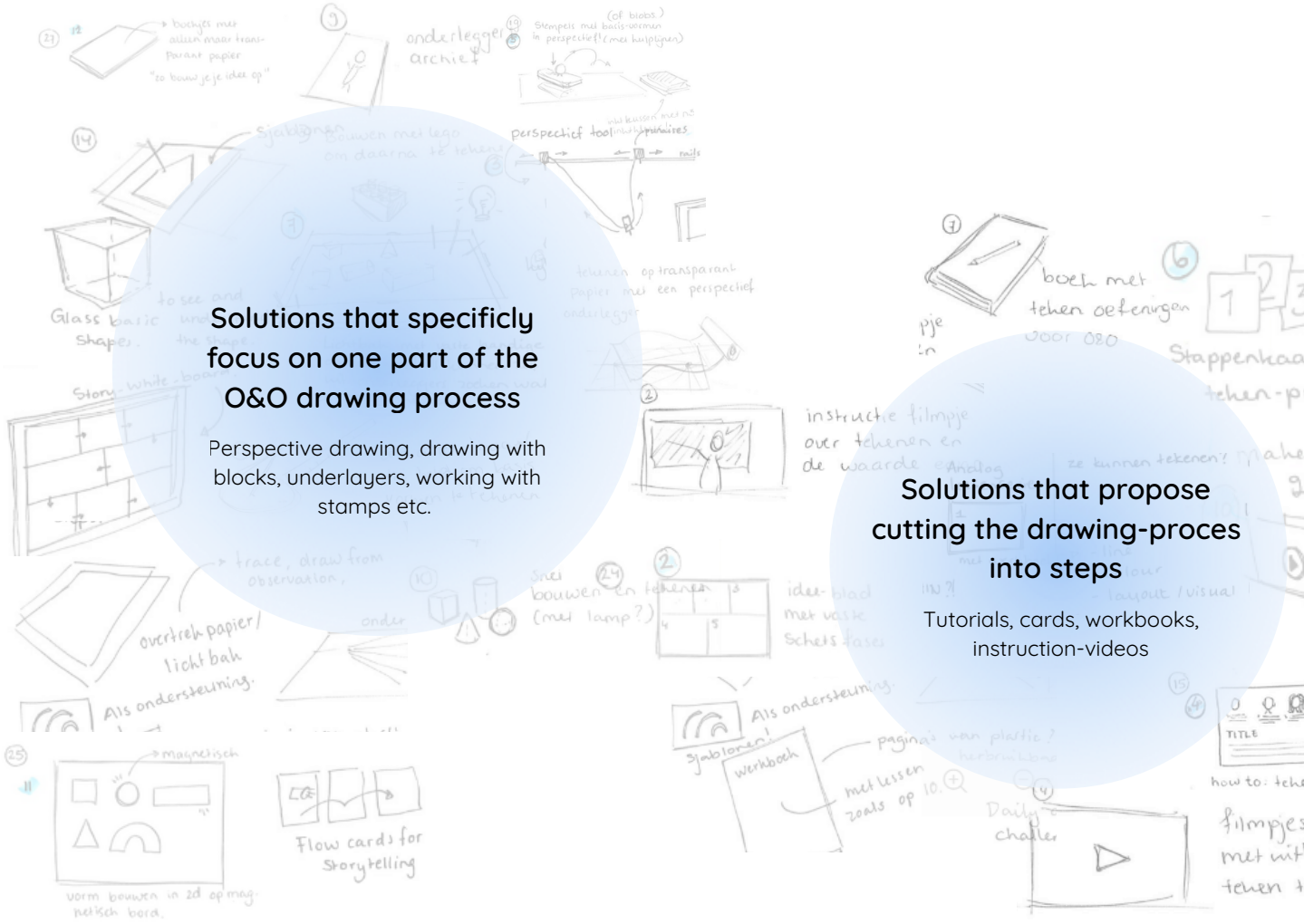


Figure 35 | Idea generation results from Random Stimuli and Brainstorming.

10.2 Idea clustering

After an extensive ideation process, the 60 generated ideas were organized into several solution categories to facilitate evaluation and idea selection.



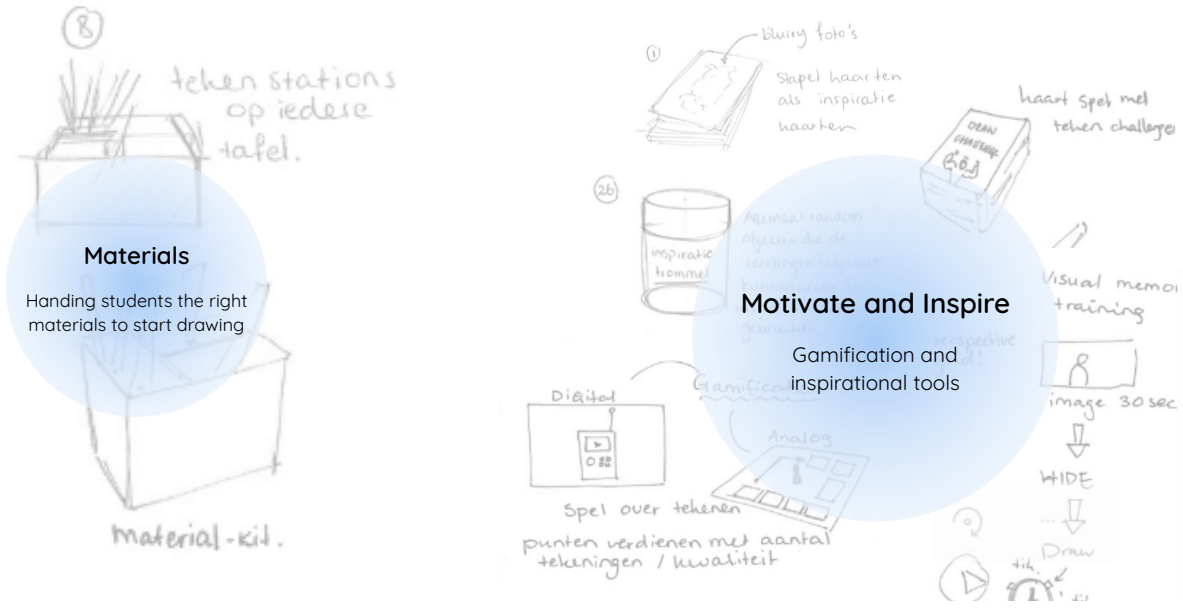




Figure 36 | Idea generation results clustered

10.3 Idea selection

After generating 60 ideas, 12 of them were selected and evaluated to determine which solution best met the project objectives. The initial selection of the 12 ideas was mainly based on novelty and feasibility within the timeframe of 10 weeks. A structured selection process was then used to ensure that the decision was objective and based on predefined design requirements (see chapter 7, page 64). The weighted objectives method was chosen as the primary evaluation tool. This method allowed different concepts to be compared systematically while considering the relative importance of each design requirement.

10.3.1 Weighted objectives

The weighted objectives method is a decision-making tool used to compare multiple concepts against a set of criteria (Van Boeijen et al., 2014). Each criterium is assigned a weight based on its importance to the project. The concepts are then scored against each criterion, and the scores are multiplied by the corresponding weights. By summing the weighted scores, a total score is obtained for each concept, allowing the most suitable option to be identified and selected for further development.

10.3.2 The initial 12 ideas

The Initial 12 ideas that were chosen based on their novelty and their feasibility are shown and explained below.

1.



Example cards/poster

Example cards or poster with drawings to hang on a wall in the classroom.

2.



Basic-figure blocks

Special (transparant) blocks with guidelines to build an initial idea and immediately have a 3D shape in mind.

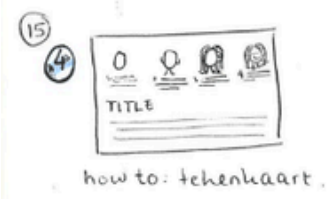
3.



Lego

Using lego to build the initial idea. (no extra materials needed)

4.



How-to cards

Cards with most-drawn items (such as a car, a person or a house) that are explained in drawing steps)

5.



Stamps

Stamps with basic figures and a light grey ink pad. The stamps will be the base of the drawing and will work like an underlayer.

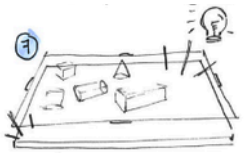
6.



Step-cards

Cards that explain the drawing-process in steps so it becomes more managable.

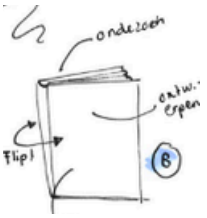
7.



Underlayers

Underlayers with shapes and items that often appear in O&O-projects/topics. So that students do not have to draw these shapes themselves.

8.



Dummy-workbook

Dummy dat works as a work-book with a set template for designprojects on the one side and research-projects on the other.

9.



Pop-up animations

A pop-up animation that shows what to do when the students doesn't know how to draw something (just like illustrator pop-ups).

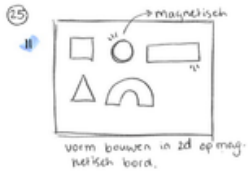
10.



Tutorial Collection

A collection of good drawing tutorials and a system in which the students can find them easily.

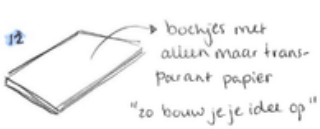
11.



Basic-figure magnets

Magnets in basic-figure shapes so the students can build and rebuild their ideas on a whiteboard (suitable for ideation phase).

12.



Transparant paper book

Book with only transpararent paper so the students learn to work in layers. For instance: first layer: sketch, 2nd layer: basic figures (etc.)

Figure 37 | 12 chosen ideas for further selection

10.3.3 Weighted objectives set-up

For the weighted objectives analysis, a limited number of design requirements were selected to evaluate the concepts. At this stage of the design process, only the design requirements specifically developed with the student as the primary user in mind were considered. This was done to limit the amount of points the ideas were evaluated on. The student-related requirements were chosen because the students will be the end-user of the tool. Later in the design process, the teacher-related requirements and the organisation-related requirements will be taken into account as well.
As a result of only using the student-related requirements, the ideas will be assessed against 12 criteria. The following page provides an overview of how the 100 available points have been distributed across these 12 requirements. The most important requirements have been assigned 20 points, while the least important requirements have been assigned 5 points.

	Design requirements Student Drawing-tool	
R1	The design solution must use clear, simple language and explanations that are understandable for students aged 12–15, without requiring prior subject knowledge.	5
R2	The design should stimulate students to start drawing.	20
R3	The design should stimulate students to draw at least once every O&O lessons.	20
R4	The design must help students understand when and why to use drawing.	5
R5	The design solution should reduce students' perceived insecurity about drawing.	5
R6	The design must reduce insecurities affecting drawing	5
R7	The design must be adaptable to different (drawing) skill levels.	5
R8	The design must be implementable in all (types of) O&O projects.	10
R9	The design must be adaptable to different educational grades.	5
R10	The design must inform students about the value of drawing in science and engineering.	5
R11	The design must improve the communicative value of students' drawings compared to the drawings they produced before using the tool.	10
R12 R13 R14	The design should use an age-appropriate visual style for students aged 12–15. The design should exude professionism and educational value through layout, typography, and overall presentation. The design should be visually appealing and inviting for students to use.	5
	Total	**100**

Figure 38 | The 12 Student-related design requirements with assigned points.

It should be noted that all the requirements listed above are considered important. However, some requirements carry greater weight than others. The most important requirements are R2 and R3, as these directly support the increased use of drawing within the O&O process, which is the overarching objective of this thesis. R10 complements these requirements by stating that the design solution should be applicable across all types of O&O projects. If the tool can be used in any project, it can be implemented consistently, thereby lowering the threshold for its adoption and frequent use. Another key requirement is R11, which focuses on the communicative value of students' drawings. Increasing the frequency of drawing alone is not sufficient if the drawings still fail to communicate students' ideas effectively. Therefore, it is essential that the design solution also contributes to improving the clarity and expressiveness of students' sketches.
All remaining requirements are considered equally important and have therefore been assigned a weight of 5 points each. Together, the weighted requirements add up to a total of 100 points. A concept that fully satisfies all requirements would achieve a score of 100.

10.3.4 Weighted objectives results

The table on the following page presents the results of the weighted objectives analysis. The design requirements are listed on the vertical axis (rows) with their corresponding identification numbers. The concepts, along with their corresponding identification numbers, are displayed on the horizontal axis (columns). As some concepts share similar characteristics and therefore received identical weighted objective scores, they have been combined into a single column. This applies to Concepts 2 and 3, Concepts 4 and 6, and Concepts 9 and 10.

Idea numbers →

Requirements ↑	1	2/3	4/6	5	7	6	9/10	11	12
R1	5	3	5	3	5	5	5	3	5
R2	5	12	20	12	15	10	20	10	5
R3	0	5	20	0	5	20	20	0	0
R4	5	0	5	0	0	5	5	0	0
R5	5	0	5	0	1	5	5	0	0
R6	0	0	5	2	3	5	5	0	0
R7	5	5	5	0	0	5	5	0	0
R8	5	0	5	7	7	10	10	0	0
R9	5	7	5	0	0	5	5	0	0
R10	2	2	5	2	5	0	0	0	0
R11	5	5	10	5	5	5	10	0	5
R12,13,14	5	5	5	5	5	5	0	5	5
Total	**47**	**44**	**95**	**36**	**51**	**75**	**90**	**18**	**20**

Figure 39 | Results: The 12 Student-related design requirements with assigned points.

As shown in the table, Concepts 4 and 6 achieved the highest scores in the weighted objectives analysis. Consequently, these two concepts were combined into a single concept, which was then selected for further development during the Concept Development phase.

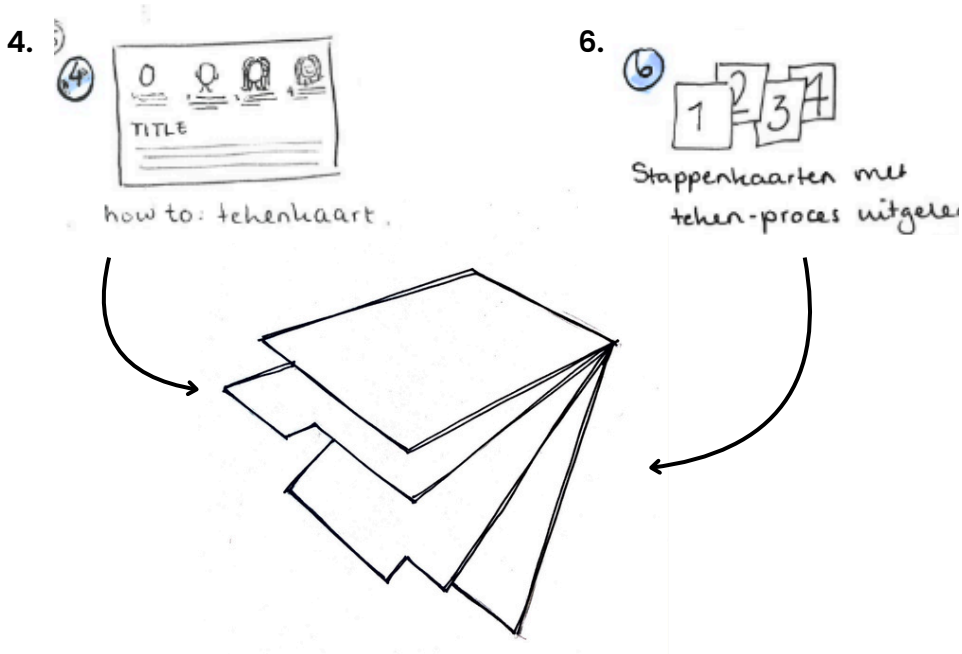


Figure 40 | Idea 4 and 6 comined into one concept..

10.4 From idea to concept

After the idea was selected, it was further developed into a concept. The focus was primarily on defining the content of the cards. To determine this content, How-to's were used as a method. This technique breaks down a problem into smaller parts, allowing for the development of simple partial solutions. In addition, Design Drawing to Discover and Develop and User Journey drawing were applied to map how the concept should support students during the drawing process. Besides the content, brainstorming was also conducted on the format in which the cards could best communicate the information. Here as well, Design Drawing was used to explore possible solutions.

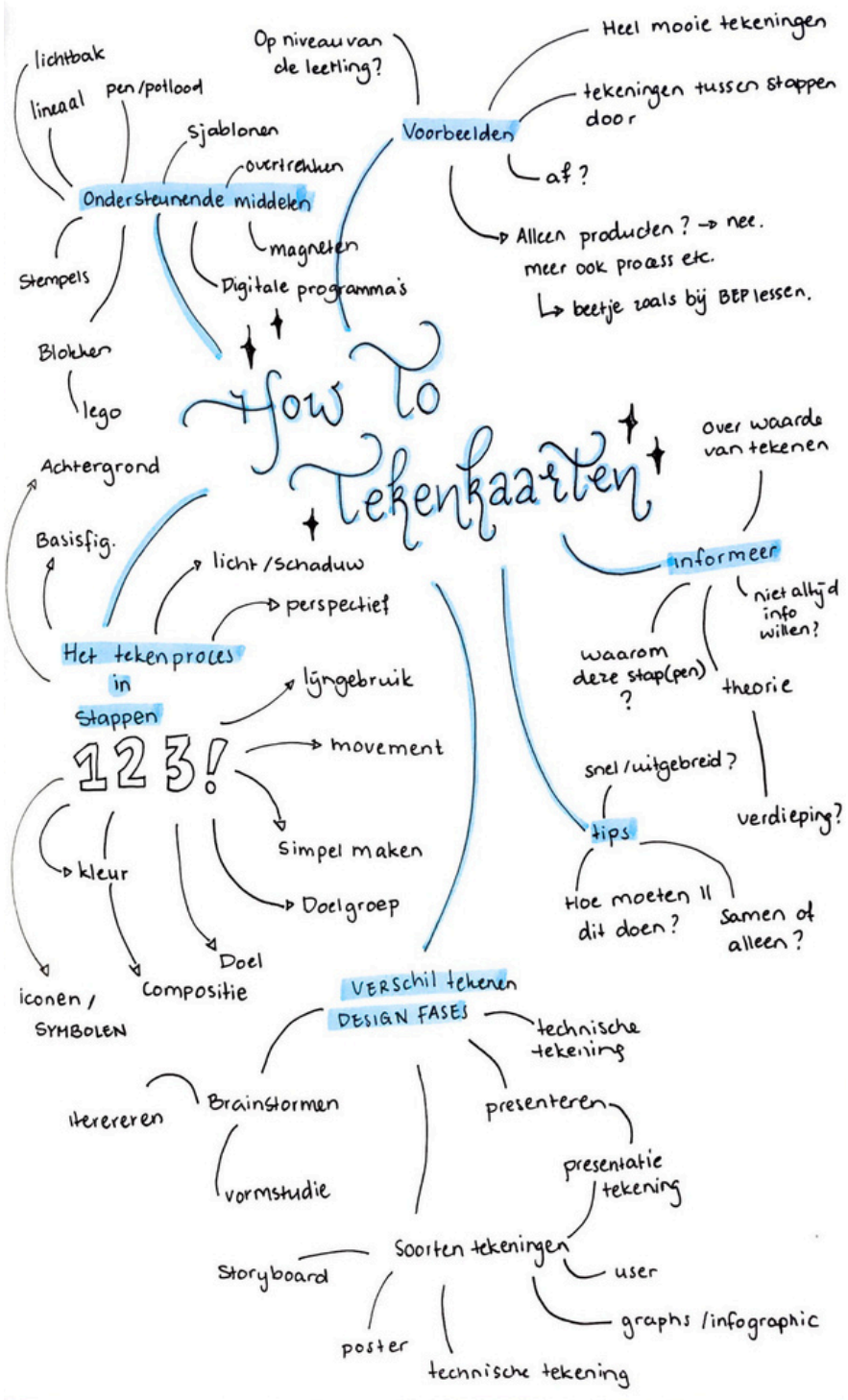


Figure 41 | Idea 4 and 6 comined into one concept..

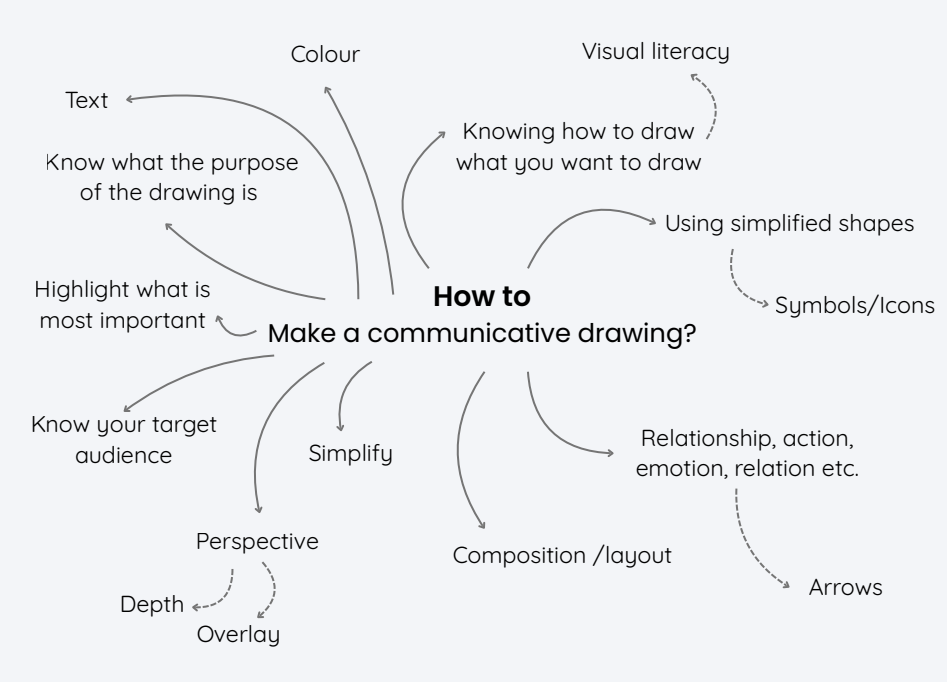


Figure 42 | How to make a communicative drawing.

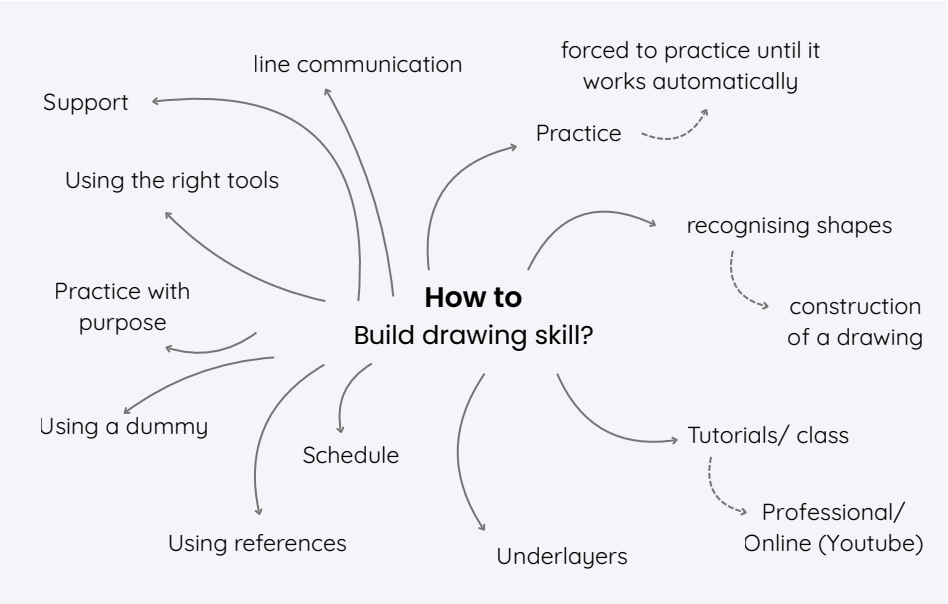


Figure 43 | How to build drawing skill.

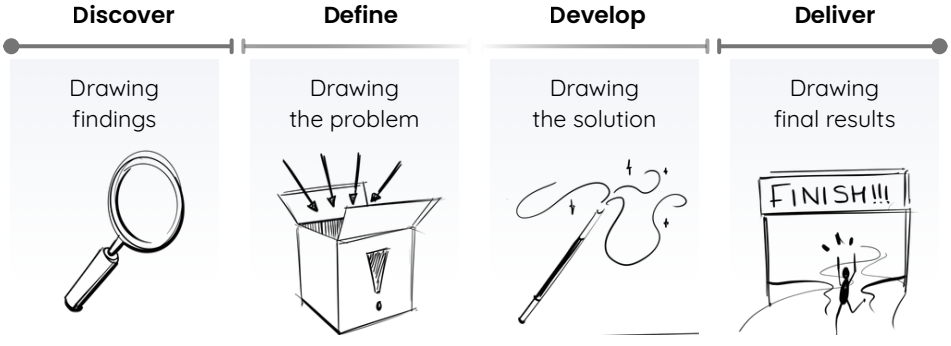


Figure 44 | Mapping the role of drawing in the design process.

10.4.1 User journey drawing

As part of the concept development process (to turn the idea into a concept with body), the user journey was drawn. While drawing, gaps in the concept were identified and elements of the concept were adjusted. This drawing was used to determine what content elements the final concept should have and what physical extras can be used to make the content easier comprehensible.





Figure 45 | User journey potential solution.

10.4.2 Content of the final concept

In this subchapter is shown how decisions about the content of the cards were made. This page describes how the eight steps were developed, including the iterations that were carried out during this process. It also explains how the final structure of the cards was determined, as well as which tools and methods the cards incorporate. When defining the eight steps, the standard drawing process used in Industrial Design Engineering at TU Delft was used as a reference. This process supports communicative and iterative sketching. Naturally, this process was simplified and further adapted to fit the age group and skill level of lower secondary school students aged 12 to 15.

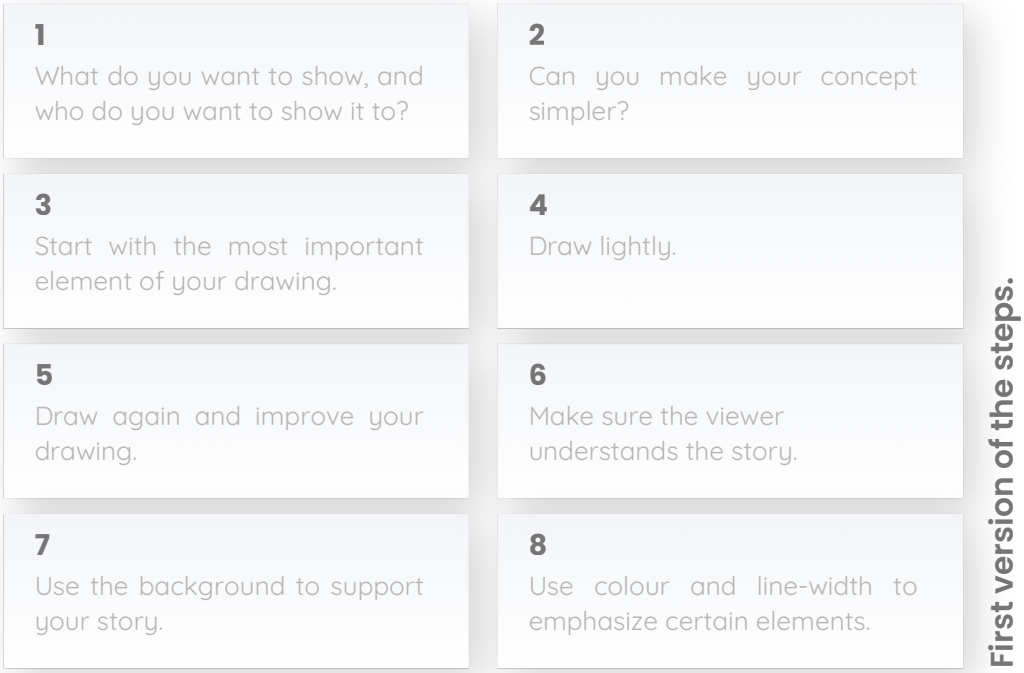


Figure 46 | First version of the steps.

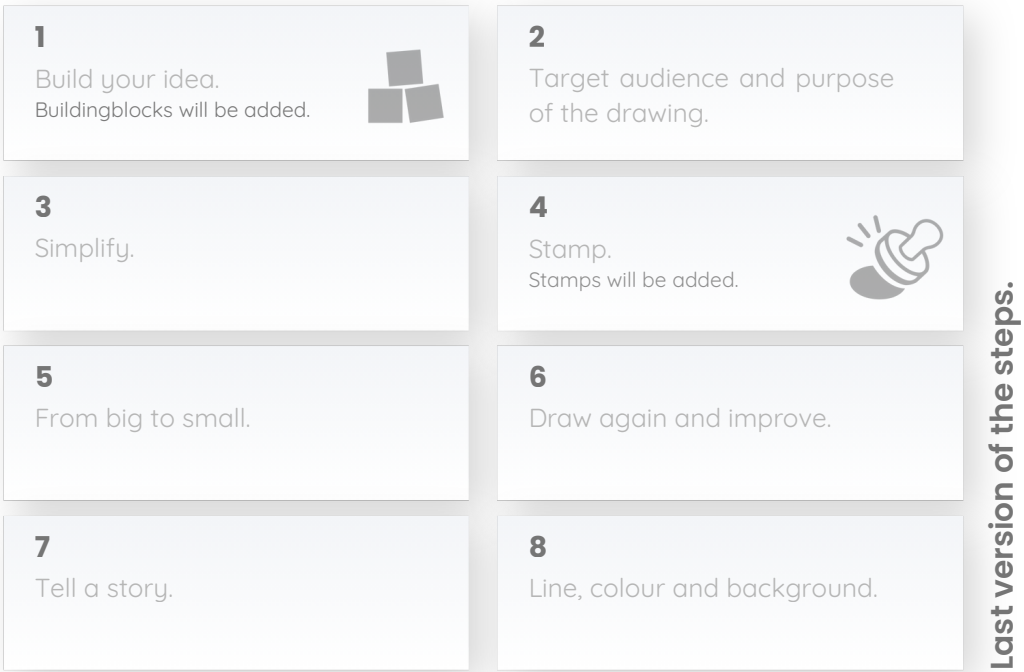


Figure 47 | Last version of the steps.

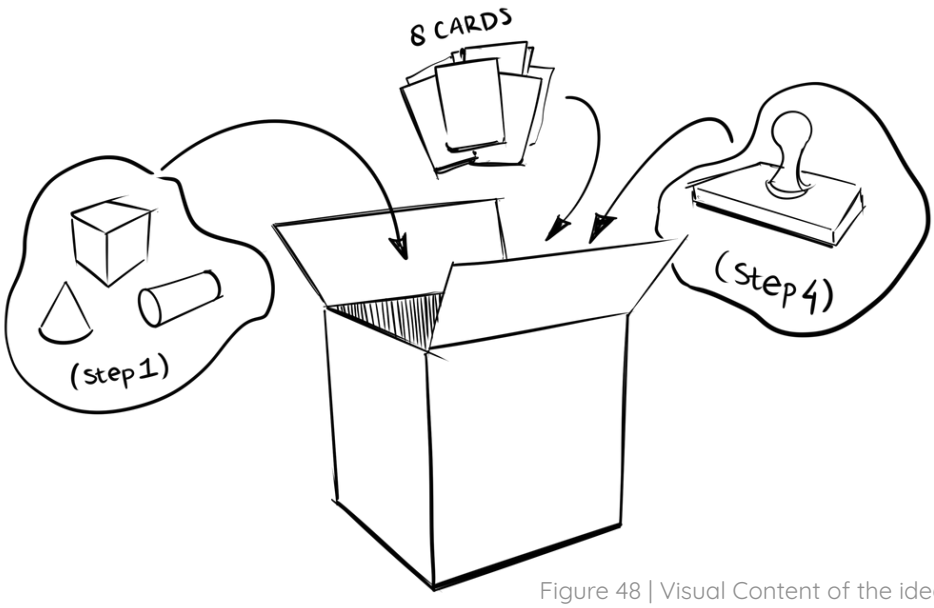
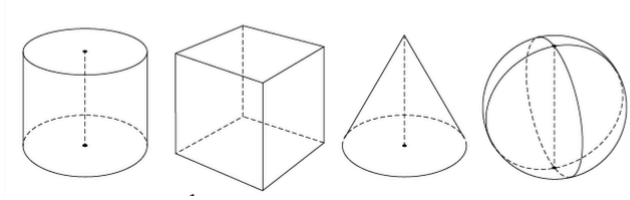


Figure 48 | Visual Content of the idea

During this stage of the process, it became clear that some of the steps would be too difficult for students to complete without additional support. However, these steps were considered essential and therefore had to remain part of the proposed drawing process. As a result, the previously generated ideas were revisited to identify possible forms of additional support. Ultimately, Ideas 2 and 5 were incorporated into the final concept. Consequently, the complete concept consists of eight step cards, stamps, and blocks, which together provide guidance and support throughout the drawing process.



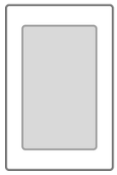
25 basic figure blocks (cube, cone, cilinder, sphere).



4 stamps



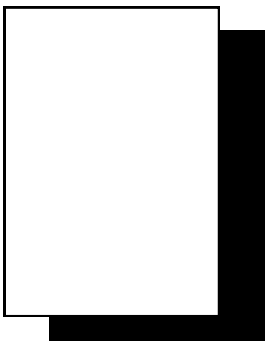
8 cards



1 inkpad



1 inkfilling



2 manuals (student/teacher)

Figure 49 | Content elements

11

Concept development: DRWCRDS

This chapter introduces the developed concept consisting of three interconnected parts: a set of eight drawing cards for students, a teacher manual, and a learning pathway that defines progressive learning outcomes across different class levels. Together, these components form a coherent system that supports both teaching and learning.

The drawing cards guide students step by step through the design process, helping them make intentional choices and improve their sketches. The teacher manual supports educators in facilitating lessons and integrating the cards effectively into their practice. The learning pathway ensures clear progression by outlining what students should be able to achieve at each stage of their education.

By combining these elements, DRWCRDS creates a structured framework that strengthens students' ability to think visually, develop ideas iteratively, and communicate them clearly.

11.1 Concept content

DRWCRDS consists of eight cards that guide students step by step through a communicative and iterative drawing process. The cards are designed to help students independently develop their ideas in a visual and structured way. Instead of "just drawing," students learn how to gradually improve their sketches, make design choices, and clearly communicate their ideas to others. This process aligns closely with key skills in O&O education, such as designing, reflecting, and communicating.

11.1.1 The 8 steps

The tool guides students through the following eight steps:



Build your idea
Students use blocks in the shape of basic forms (cube, cylinder, cone, and sphere) to transform the idea in their mind into a three-dimensional form.



Goal and audience
Students think about the purpose of the drawing they are about to make, and who the intended audience is that needs to understand it.



Simplify
Students create a small sketch in which they simplify the idea. The focus is placed on the most important elements while unnecessary details are left out.



creating a basic outline
Students use stamps to quickly place the basic structure of their idea onto paper.



From big to small
Students sketch the main shapes lightly and simply. They first work broadly and then gradually add details.



Repeat and improve
Students redraw the same concept and make adjustments. By drawing again, the idea becomes clearer and stronger. This step introduces the concept of iteration.



Tell a story
Students consider how to clearly show what is happening or how the idea works. They use symbols and icons to represent emotion, action, relationships, and function in a simple and visual way.



Line, colour, and background
Students use colour, line thickness, and background to emphasize important elements in a drawing. Students decide which parts are most important and give them extra visual emphasis.

Through these eight steps, students learn to use drawing in a structured way as both a design and communication tool. The focus is not on creating perfect technical drawings or realistic perspective renderings, but on communicating an idea from one's mind to others, and to themselves, to further develop and refine it later.

Every card is build up in the same manner. The student can choose to follow the short process, by only looking at the outside of the cards (the front and the back). They can also choose to follow the process more in-depth by looking at the inside of the cards as well. The inside gives more information about the step the student is folliowing. On the next two pages, the layout of the cards is explained further.

11.1.2 The outside of the DRWCRDS

In the fast version, the student only uses the front and back of the cards. These contain enough information to get started and eventually finish with a good, communicative drawing. The outside of the card describes the principle and shows an example of it. As you can see on the next page (in figure 50), the front of the card describes: (1) which step it concerns; (2) What that step is; and (3) what you need to do in the step. Each card has its own colour combination so that they are easy to distinguish. The back of the card then contains an example (4) so that students get inspiration to get started themselves and see a visual demonstration of exactly what the purpose of the step is.

11.1.3 The inside of the DRWCRDS

In the bottom of the cards the student can find 3 diffrent symbols: the questionmark, the lightbulb and the pointing finger. These symbols refer to three different categories that inform the student more in-depth about the step.

Why and How
When opening the card, the student first gets an explanation about why they are following the step they are doing now. They gain insight into the importance of the step and what it is; they learn in the step. In addition, they also receive more information on how to approach the step. If students have questions about the front of the card, this is the 'chapter' they can refer to first.

Brainstorming or presenting ideas
The implementation of the step often varies slightly depending on the purpose of the drawing. Therefore, this implementation is always specifically explained in the domain of generating ideas (brainstorming) (a process drawing), and in the domain of presenting ideas (a presentation drawing).
Student can refer to this 'chapter' when they are not sure on how to apply the step to the current phase of the project.

Tips and theory
In the last section tips and theory are discussed. The tips are meant for students that encounter challenges during their drawing-process and need some extra guidance. The theory is meant for student who are eager to learn more about the theory behind the steps.

11.1.4 Blocks and Stamps

In steps 1 and 4, extra materials support the students' drawing process. Step 1 features blocks. This way, students can build their ideas before they start drawing. They will gain spatial awareness of the idea in their head. To produce the blocks, multiple materials and options were considered. The blocks were either bought, 3D printed, or laser-cut from triplex wood. These specific production techniques were chosen because they can also be practiced in school. Step 4 features stamps. Stamps can be made by laser-cutting special rubber; however, this creates a lot of smoke and is therefore not a suitable production technique for use in schools. Therefore, the stamps were later adapted into templates that could be laser-cut from acrylic plates (2 mm thickness).

11.2 The Steps

In this subchapter, all steps and the choices for implementation of specific steps are explained.



Front



Back

Figure 50 | Outside of DRWCRDS.



Figure 51.a | Why and How



Figure 51.b | Brainstorming and Presenting



Figure 51.c | Tips and Theory

Figure 51 | Inside of DRWCRDS.

11.2.1 Step 1: Build your Idea

Students use blocks in the shape of basic forms (cube, cylinder, cone, and sphere) to transform the idea in their mind into a three-dimensional form.

This step was added because drawing a 3D form is hard, especially if you do not have an example of the shape. By building the idea in their head first with basic blocks, two different positive effects happen:

- Students are forced to simplify their idea into basic shapes with only the shapes that are available in block form, hereby getting back to the base of the idea shape, making it easier to draw it in the future.
- When students build a 3D prototype of their idea as a first step, they gain a sense of space, size, and shape. The 3D form makes it possible to rotate the idea and look at it from different viewpoints. It's easy to adjust small elements within the shape when it exists of blocks.

11.2.2 Step 2: Goal and audience

Students think about the purpose of the drawing they are about to make, and who the intended audience is that needs to understand it.

This step was added because it will help the students decide what to draw and how to draw it. Depending on who the student makes the drawing for, what they should draw and how they should draw it, differs. This step makes sure the student makes a conscious choice about this.



Figure 52 | DRWCRDS step 2

11.2.3 Step 3: Simplify

Students create a small sketch in which they simplify the idea. The focus is placed on the most important elements while unnecessary details are left out.

This step was added because in this step the student will simplify their idea into basic shapes as much as possible. This supports step 1 but forms the first step of making a drawing. This step is also about planning your drawing. Making a small sketch to find a nice layout and to simplify what you are going to make, makes the focus shift to the bigger picture.











Figure 53 | DRWCRDS step 3

11.2.2 Step 4: creating a basic outline

Students use stamps to quickly place the basic structure of their idea onto paper.

This step was added because it helps the student set up a 3D shape without becoming discouraged by the difficulty of it. The base is made by tracing the template. The student's job is to choose the right basic forms as a base for their drawing.



Figure 54 | DRWCRDS step 4

11.2.5 Step 5: From big to small

Students sketch the main shapes lightly and simply. They first work broadly and then gradually add details.

This step was added because it encourages students to start with the bigger shapes in their drawing and gradually work towards a more detailed version. Working this way, the students learn to emphasize the bigger picture before getting lost in details.

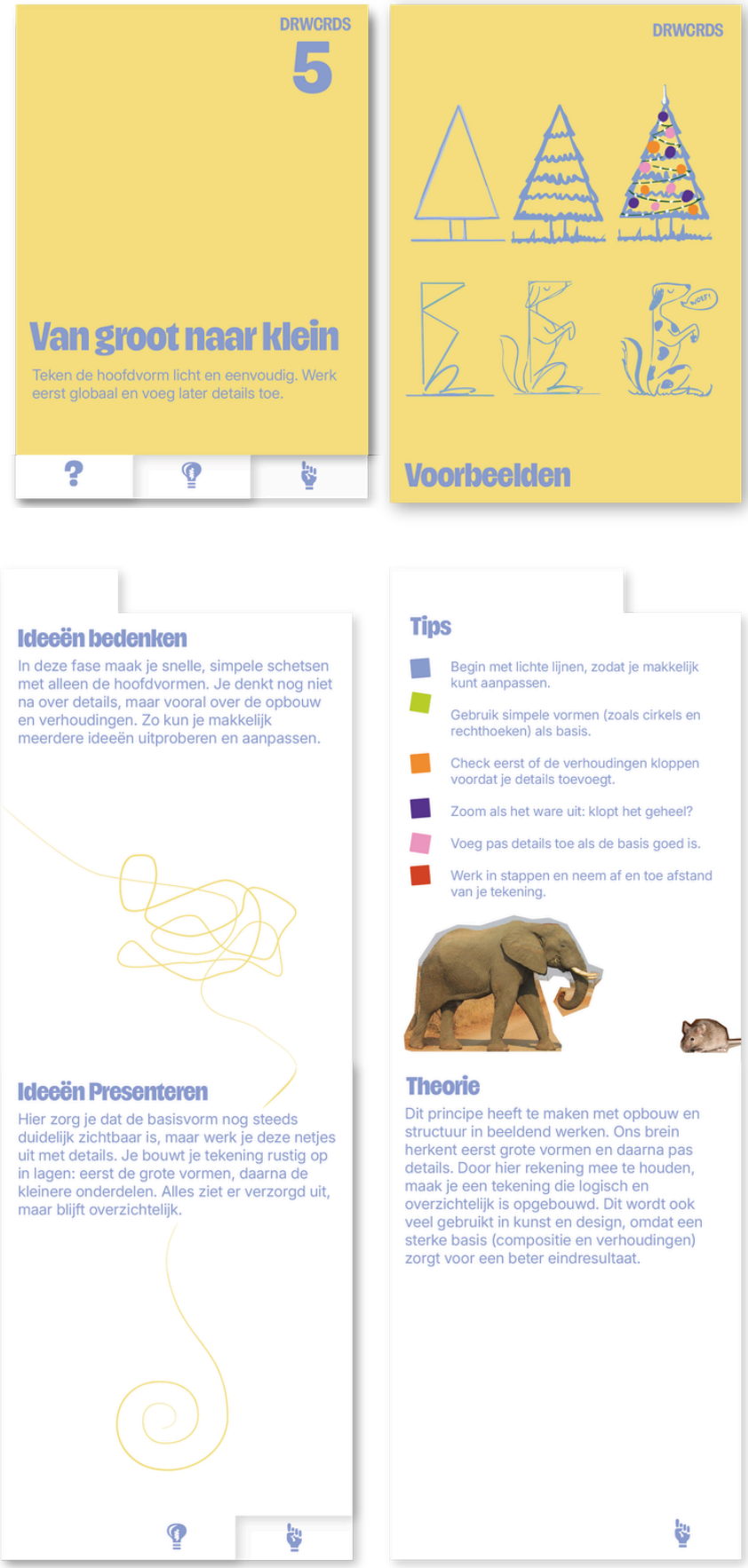


Figure 55 | DRWCRDS step 5

11.2.6 Step 6: Repeat and improve

Students redraw the same concept and make adjustments. By drawing again, the idea becomes clearer and stronger. This step introduces the concept of iteration.

This step was added because in design, this is the way of working. Iterations improve the drawing. It might come of as a boring, but applying it right means the idea is being improved with every new drawing. Students need to learn that no drawing is perfect the first time you make it. Starting over shouldn't be a discouragement, but a chance!

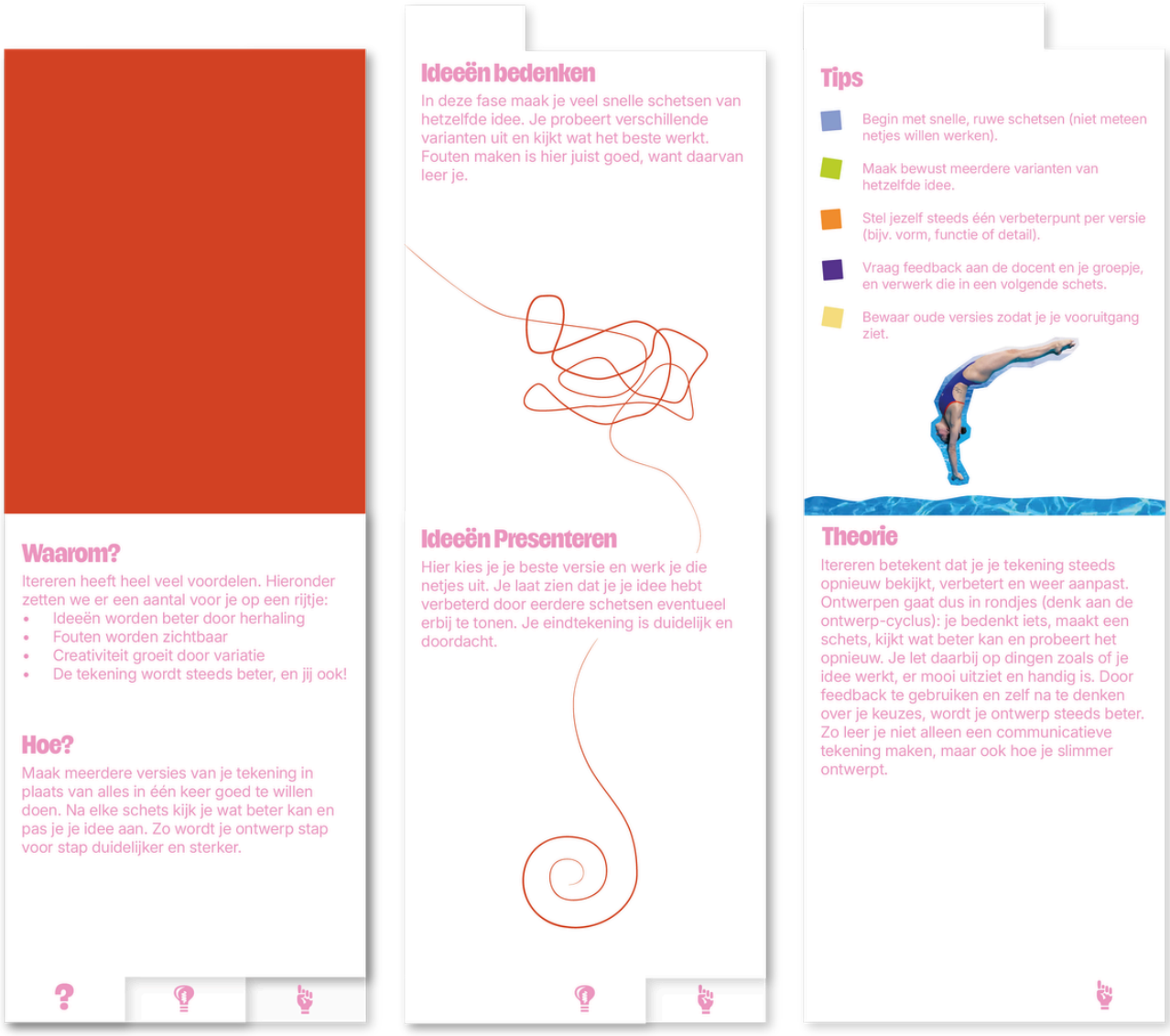


Figure 56 | DRWCRDS step 6

11.2.7 Step 7: Tell a story

Students consider how to clearly show what is happening or how the idea works. They use symbols and icons to represent emotion, action, relationships, and function in a simple and visual way.

This step was added because with a few symbols or icons, a drawing can tell a complete story. Often, the most complex parts of an idea do not become clear when fully drawn out. They may become too detailed or complex for the viewer to understand the meaning of the drawing. By adding symbols or icons, complexity can be reduced by explaining concepts through universally understood visual representations.

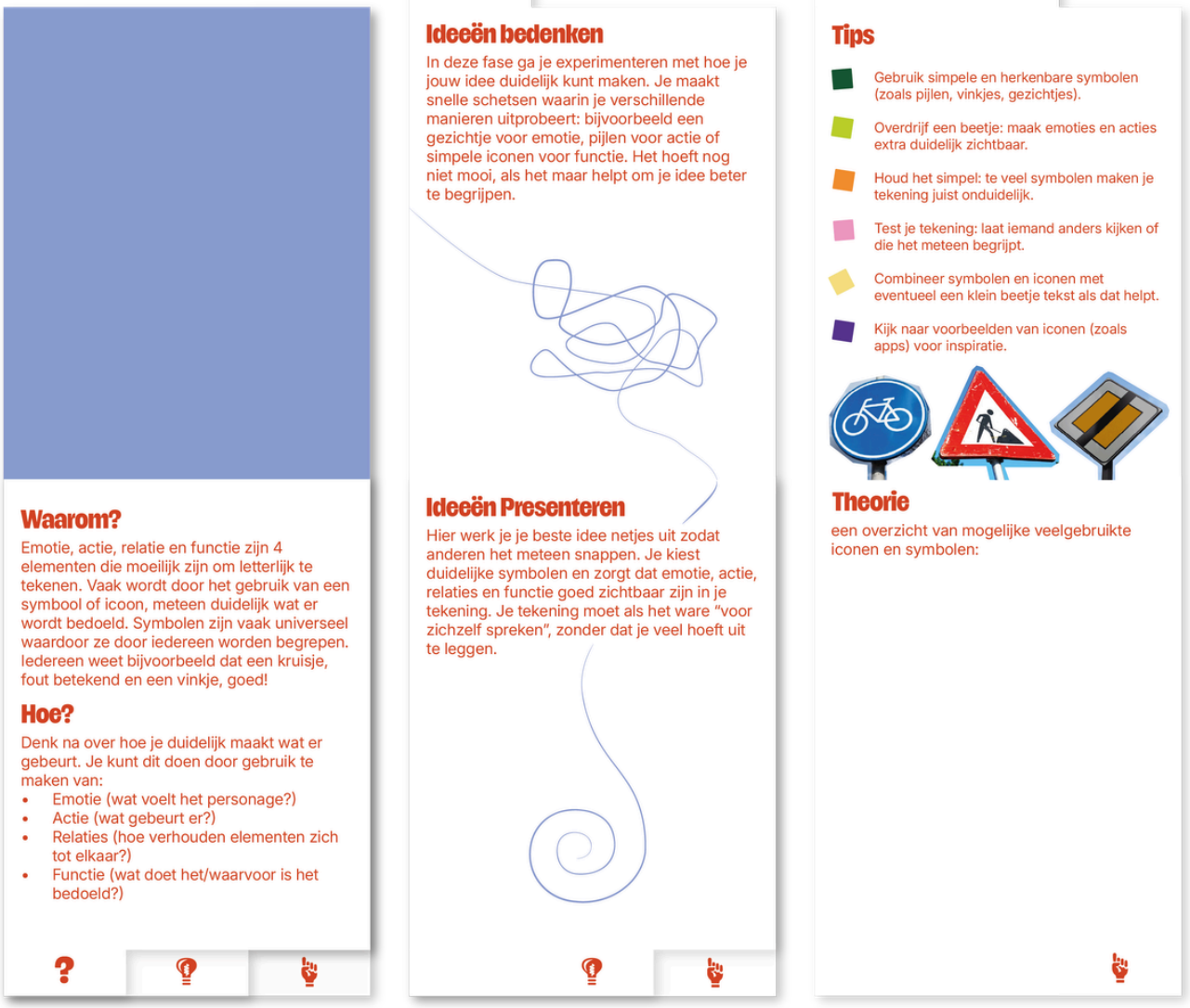


Figure 57 | DRWCRDS step 7

11.2.8 Step 8: Line, colour and background

Colour, line thickness, and background can help emphasize important elements in a drawing. Students decide which parts are most important and give them extra visual emphasis.

This step was added because line, colour, and background can add depth and richness to a drawing. They can increase its communicative value by highlighting details or specifics. Adding these aspects in the right way can make or break a drawing; therefore, it is important that students are supported in their application.



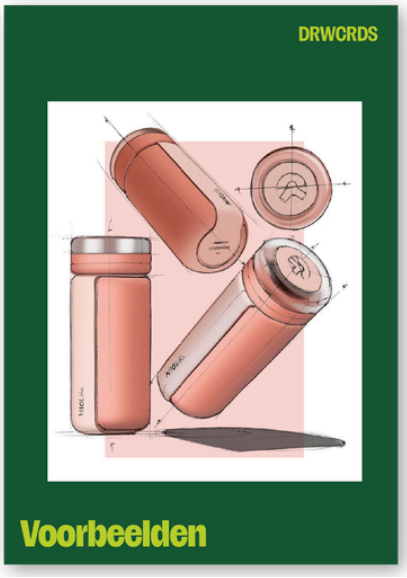








Figure 58 | DRWCRDS step 8

11.3 format

The concept was created in a flip-over structure. This structure makes it possible to distinguish between the outside/inside theory difference, allowing students to differentiate in how they want to use the cards to their advantage.

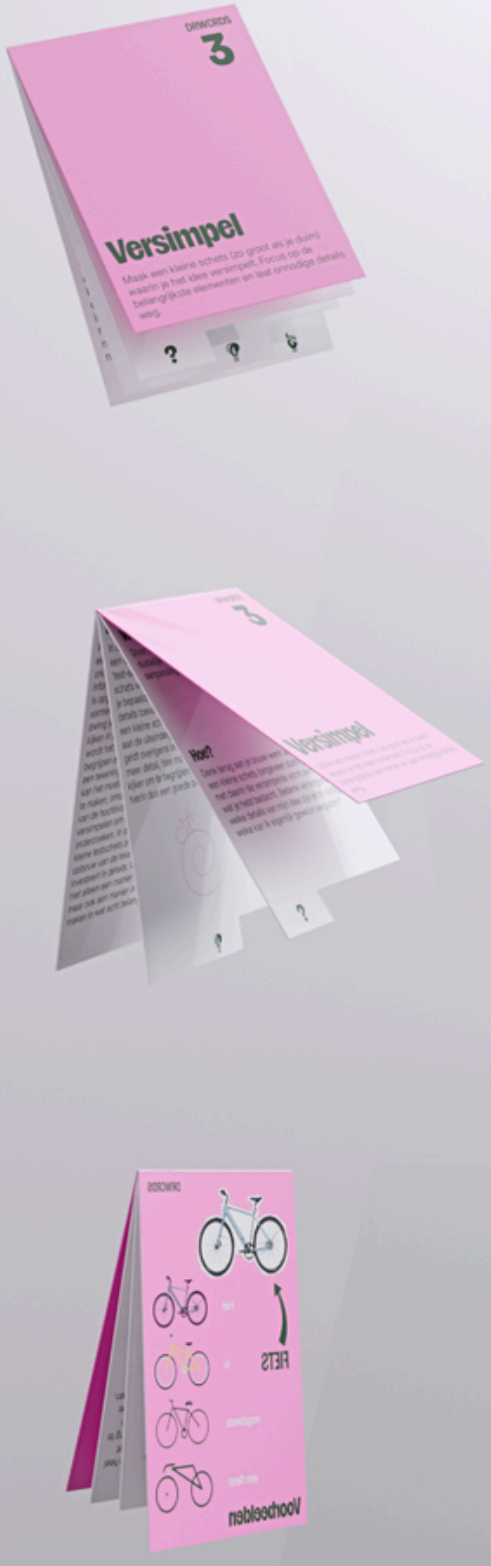


Figure 59 | Flipover format DRWCRDS

11.4 Style

11.4.1 Colours

The colour choices for DRWCRDS are deliberately bright and playful to make the concept feel approachable and engaging for students. By using vivid colours, the cards lower the perceived barrier to drawing and learning, making the process feel more like a game than a formal or intimidating task. This is expected to support motivation and encourage students to start using the cards more easily.
In addition, each step in the process is linked to a distinct background colour. This helps students quickly recognise and differentiate between the various stages of the drawing process, improving clarity and ease of use during activities.
The overall colour palette also follows a modern design approach, aligned with current graphic design trends. This ensures that DRWCRDS feels contemporary, visually appealing, and relevant to today's visual culture.



Figure 60 | Colours DRWCRDS

11.4.2 Visual style: example drawings

The illustrations on the back of the cards, which serve as examples for each step, were intentionally created in different styles to explore how students would respond to different visualisation styles. One of the main challenges in this process was finding the right balance between clarity and approachability. On the one hand, highly polished and "perfect" examples can unintentionally intimidate students, making them feel that their own work will never measure up. On the other hand, examples still need to be inspiring and demonstrate what is possible when ideas are fully developed in a sketch. This balance required careful consideration, ensuring that the visuals support learning and confidence rather than discourage experimentation. In figure 61 this balance is demonstrated in a C-box.

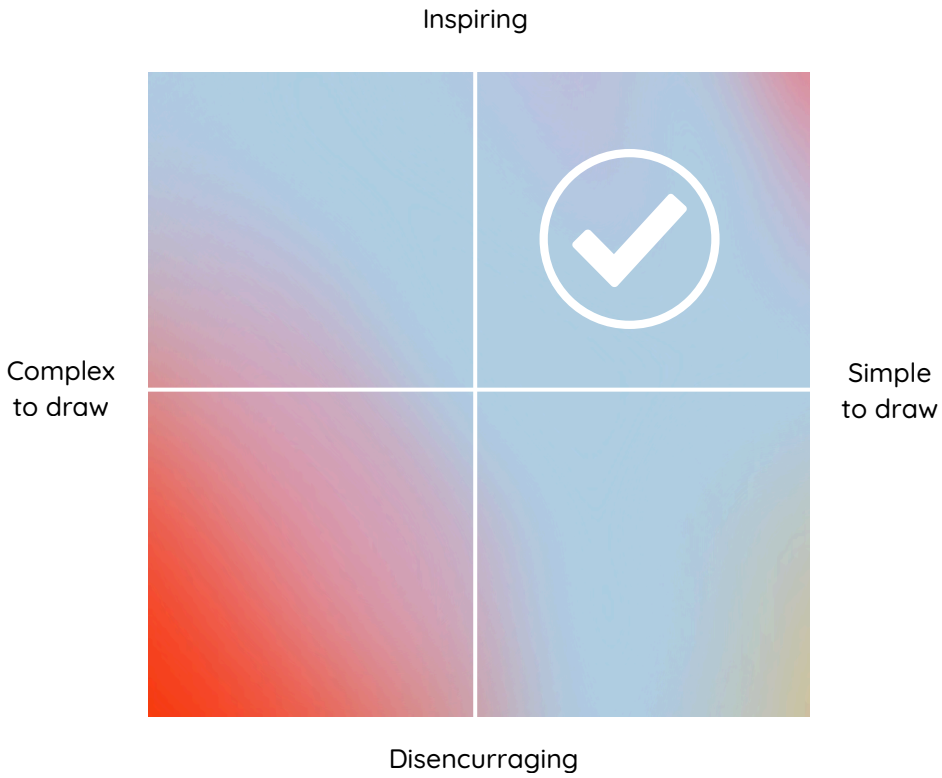


Figure 61 | C-box: How drawings can inspire or disencurrage based on their complexity or simplicity.

11.4.3 Font styles

Title

Please VF | Bold 26pt
Title fonttypes

DRWCRDS

Please VF | Medium 11pt
Logo fonttype

The Please-VF typeface was selected for the titles because of its playful and approachable character. This gives the cards a more game-like feel, which helps make the learning experience feel less formal and more engaging.

Text

Inter 24pt | Regular 9pt
Bodytext fonttype

The Inter typeface was chosen for body text because of its readability and its longer x-height, which visually complements the vertical orientation of the Please-VF font. In addition, Inter remains highly legible from a distance, which is essential for the usability of an educational tool where quick and clear comprehension is important.

11.5 Teacher Manual

The tool is designed for independent use by students. Nevertheless, teachers play an important role in introducing the tool effectively, supporting students throughout its use, and facilitating more advanced classroom workshops. To support these activities, a comprehensive teacher manual has been developed.
The manual begins by explaining the importance of implementing DRWCRDS, highlighting the value of drawing as a key skill in science and engineering education. It then links the tool's functionality to relevant learning objectives, demonstrating how its use contributes to student learning outcomes. Subsequently, each step of the tool is described in detail. For every stage, the manual explains the underlying rationale, provides guidance on how teachers can support students, and suggests possible extensions and variations that promote deeper learning and further skill development.



Figure 62 | Frontpage Teacher Manual DRWCRDS



Figure 63 | Example pages Teacher Manual DRWCRDS

11.5.1 Layout Teacher manual

The teacher manual first gives more information about the workings of the cards, the purpose of the cards and the learning goals that are related to the cards. Afterwards the manual discusses each card separately and gives the teacher insights for creating a lesson program around the cards. This part is built up as follows:

The coloured page contains the same information as the card the students have in front of them. This way, if necessary, a teacher can quickly look up the card and the relevant information without having to 'borrow' the card from a student.

On the following pages (the pages with the coloured border), there is relevant information specifically intended for the teacher. With this information, the teacher can delve deeper into the purpose of the cards (and could discuss this in detail and correctly with students). Additionally, it describes how the teacher can best guide the relevant step. What questions are useful to ask, what should you pay attention to when students start drawing, and what tips can you give? These are all questions whose answers are described in the teacher's guide. Furthermore, the guide also contains various possibilities for variation and deepening. This can sometimes be done by giving students a slightly different assignment that is related to the step on the card, or by giving students an in-depth workshop with the card in mind.

11.6 Learning Pathway

The learning objectives and additional information from the teacher manual are connected to a structured learning pathway. This pathway describes how different learning goals can be introduced across different grade levels and what the teacher's role is within each stage.
The learning objectives are directly linked to the DRWCRDS cards and can easily be found in the learning pathway guide. In the first year, the focus is on introducing drawing as a design and research tool. In the second year, students are expected to independently use communicative and iterative drawing techniques with the support of DRWCRDS. In the third year, students are additionally expected to explain and justify the choices they make during the drawing process.
The overall goal is to build a strong foundation in drawing skills before students enter upper secondary education, enabling them to make conscious visual decisions and confidently put ideas onto paper in a way that clearly communicates their intentions to others.

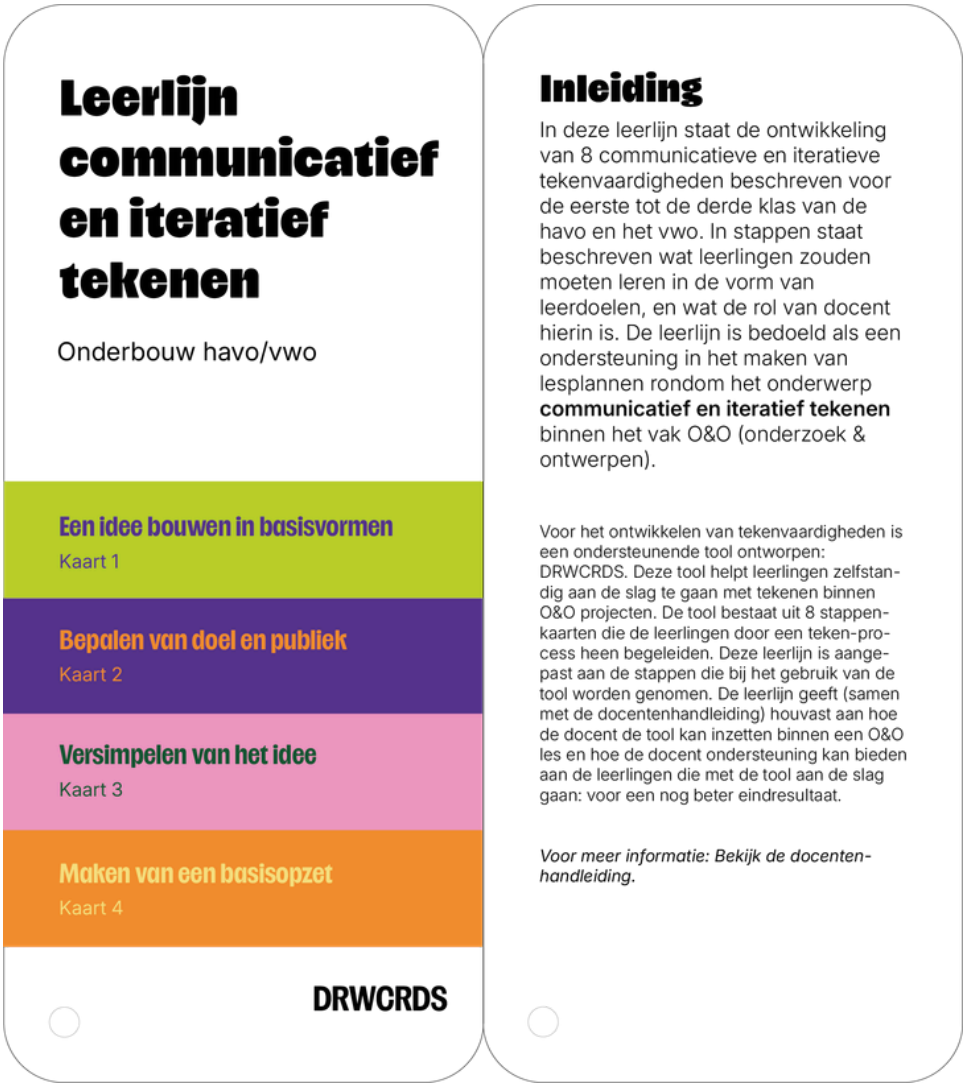


Figure 64 | Learning Pathway Frontpage 1 and introduction

11.6.1 Layout learning pathway

The manual was designed as a fan deck, with the cards held together by a screw mechanism in the left-hand corner. Its structure follows the same sequence as DRWCRDS: the learning objectives for Step 1 (Build Your Idea) are presented first, while those for Step 8 (Line, Colour and Background) are discussed last.
The colour-coding system used in the DRWCRDS cards was also applied to the learning pathway fan deck. This enables teachers to quickly locate the relevant information based on colour. Each card in the deck focuses on a specific step of the tool and outlines the corresponding learning objectives, as well as strategies teachers can use to support students in achieving these objectives. To ensure age-appropriate guidance, the cards provide differentiated recommendations for three educational levels: first-year, second-year, and third-year students.



Figure 65 | Learning Pathway Card 1

12

Testing the concept

To gain insight into how the tool functions within a classroom setting, it was tested at two different schools. During the sessions, students used the tool to create a drawing representing a part of their O&O process and subsequently provided feedback on their experience. This chapter provides a detailed description of how the testing was set up and conducted.

12.1 Participants

The concept was tested in two schools across three different classes: one first-year class and two third-year classes. In total, seven different groups participated, meaning that 24 students used the tool and provided feedback. Because Technasium education is provided at HAVO and VWO levels, and two of the classes had mixed HAVO/VWO education, it was decided not to differentiate between students of different levels.



2 Schools | 3 Classes | 7 Groups | 24 students

Figure 66 | Participant-related numbers: testing DRWCRDS

12.2 Test structure

12.2.1 Test with students

The test was conducted as follows. First, the test leader asked students questions about how drawing is incorporated in their O&O lessons and how they perceive its role within these lessons. During this phase, photographs were also taken of drawings the

students had created as part of their project work.
Next, the test leader provided an explanation of how the concept works. The students then used DRWCRDS to create a drawing of their concept up to that point, while the test leader observed how they navigated and managed the different steps of the tool.
After the exercise, the students completed an exit form consisting of eight statements and three open questions. If necessary, the test leader followed up with additional questions about their actions and experiences while using DRWCRDS.

12.2.2 Test with teachers

After all student tests were completed, interviews were conducted with their teachers. The teachers were asked to reflect on the format and content of the concept through semi-structured interviews, allowing for both guided discussion and the opportunity to explore additional insights in more depth.
In appendix C the full test-structure can be found, as well as the exit-form.

Test-process

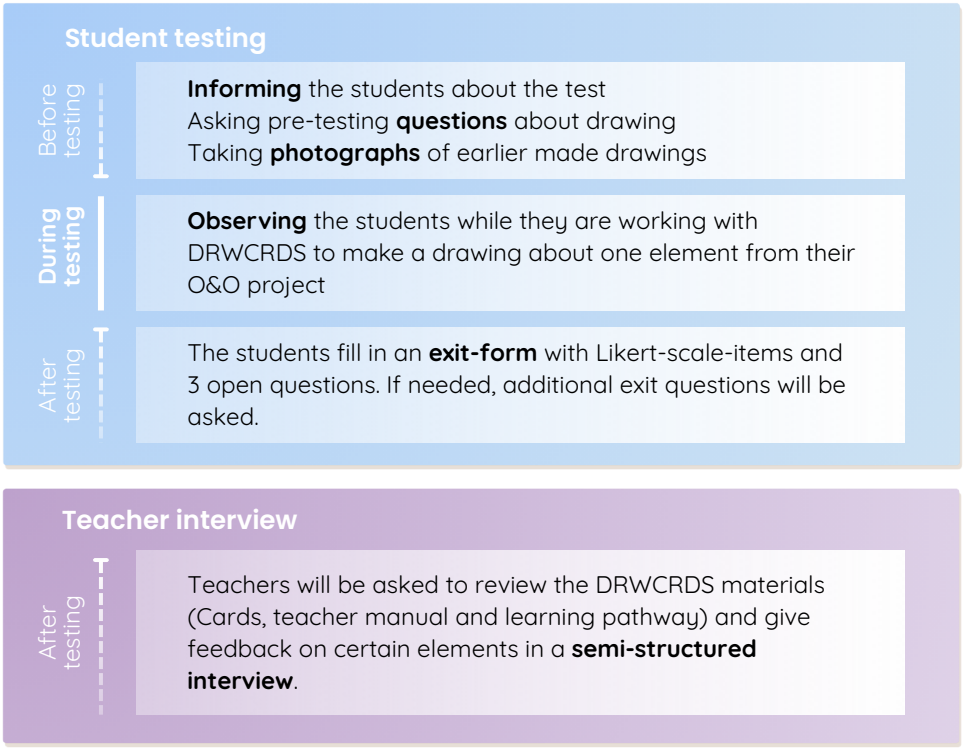


Figure 67 | Test-process visual overview

All test materials can be found in Appendix C.

12.3 Research Questions

To evaluate the effectiveness of DRWCRDS, an evaluation study was conducted with students who used the drawing cards to draw an element from their O&O project. The evaluation focused on four key aspects that were considered important for the successful implementation of the concept: usability, motivation, design, and learning value. These themes were selected to gain insight into how students experienced the cards, whether the cards supported and motivated them during the drawing process, how the visual design of the cards was perceived, and to what extent the cards contributed to the development of visual communication skills. Based on these themes, the following research questions were formulated:

1. To what extent do students perceive DRWCRDS as a user-friendly tool during the drawing process?
2. To what extent does DRWCRDS motivate students to engage in drawing and visual communication activities?
3. How do students evaluate the design and layout of DRWCRDS, and which aspects contribute to or hinder its usability?
4. To what extent do students perceive DRWCRDS as supporting the development of their visual communication and drawing skills?

12.4 Results

12.4.1 Exit forms: statement questionnaire

To evaluate the usability and perceived effectiveness of the drawing cards, students completed a questionnaire consisting of eight statements rated on a five-point Likert scale (1 = strongly disagree, 5 = strongly agree). Twenty-four students participated in the evaluation.

Overall, the results show that students responded positively to the drawing cards. Most students agreed that the cards were easy to understand (M = 3.87) and helped them determine what to draw (M = 3.75) and how to further develop their ideas (M = 3.88). Students also indicated that the examples on the back of the cards were useful during the drawing process (M = 3.88).

The perceived impact on drawing quality was positive as well. Most students agreed that their drawings improved using the cards (M = 3.75) and that others would be able to understand their drawings better (M = 3.63). These findings suggest that the cards supported both the creation and communication of visual ideas.

Students also reported enjoying the use of the cards (M = 4.48), indicating a positive user experience. Furthermore, many students expressed interest in using the cards more often during O&O lessons, although responses to this statement were somewhat more varied (M = 3.42).

Across all statements, average scores were above the neutral midpoint of the scale, suggesting that the drawing cards were perceived as a valuable and supportive tool for developing and communicating design ideas. The strongest results were found for understanding how to use the cards and for using them to further develop ideas, while the willingness to use the cards more frequently showed the most moderate level of agreement.

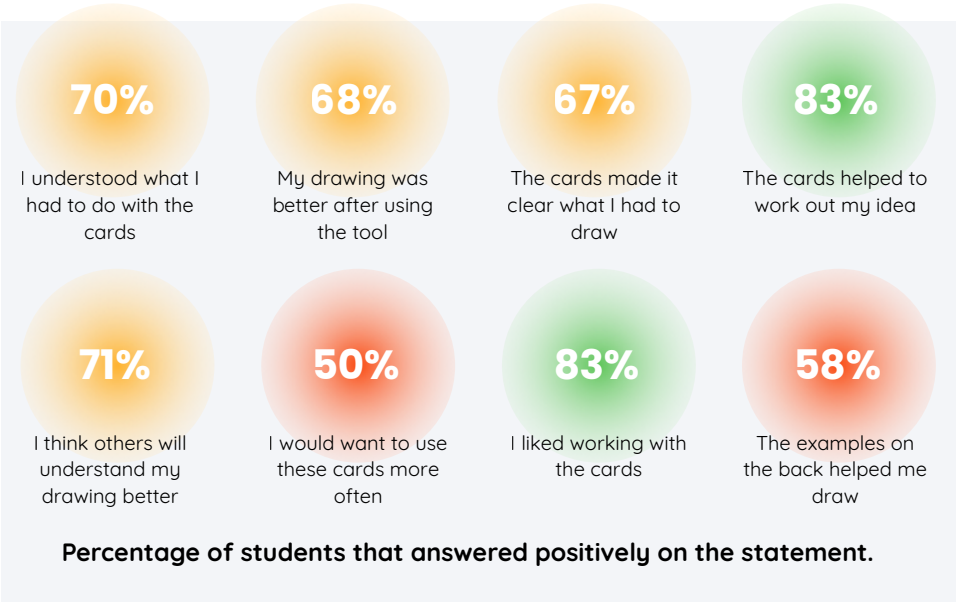


Figure 68 | Percentage of students that answered positively on the statement (with a 4 or 5 score).

12.4.2 Exit forms: Open Questions

The students were asked to answer the following 3 open questions:

- What did you think was the best thing about DRWCRDS?
- What did you think was the worst thing about DRWCRDS?
- Do you have tips to improve DRWCRDS?

A manual text analysis was used to analyse the students' responses. The answers were highlighted and grouped into different clusters, resulting in the following findings:

What did you think was the best thing about DRWCRDS?

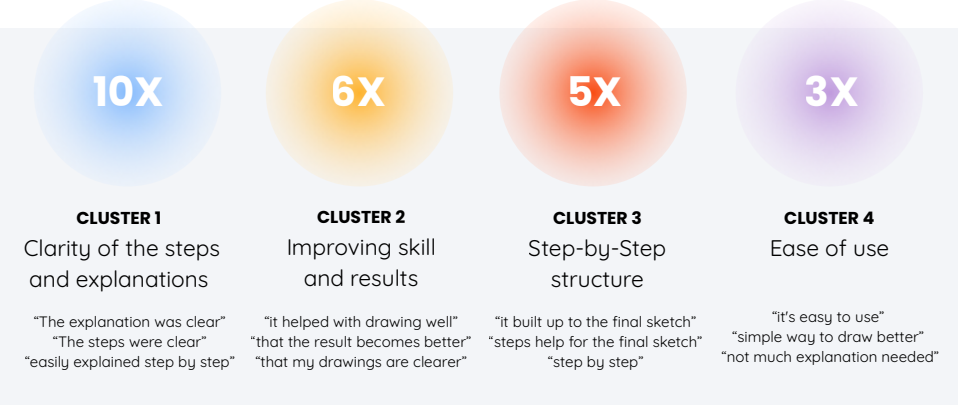


Figure 69 | Clusters "best thing"

What did you think was the worst thing about DRWCRDS?



Figure 70 | Clusters "worst thing"

Do you have tips to improve DRWCRDS?

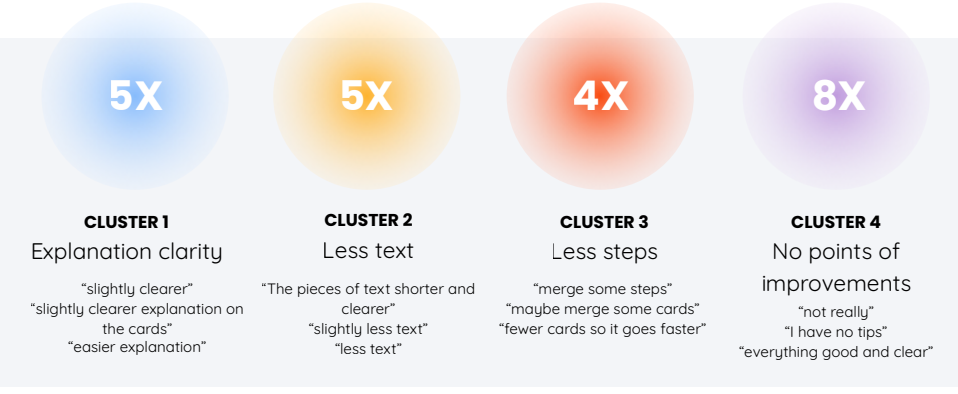


Figure 71 | Clusters "Points for improvement"

All results from the open questions can be found in Appendix C.

12.4.3 Outcomes observation and teacher interviews

During the usability test, several observations were made regarding the use of the drawing cards. First, it became clear that some students did not have suitable drawing materials available, which occasionally limited their ability to fully apply the techniques suggested by the cards.

The cards appeared to stimulate students to think more carefully about both their drawings and the message they wanted to communicate. One student remarked: “This is the first time ever that I really think my drawing explains something clearly.” This suggests that the cards encouraged students to consider the communicative function of their visual representations.

“This is the first time ever that I really think my drawing explains something clearly.”

The guiding questions on the cards were observed to be particularly helpful. Students used these prompts to reflect on their ideas and make deliberate design choices. Furthermore, the step-by-step structure was perceived as less overwhelming than presenting all information on a single card or poster, allowing students to focus on one aspect of the drawing process at a time.

Several design issues were identified. The flip-over format sometimes caused confusion about the relationship between the front and back of the cards. In addition, students occasionally struggled to distinguish between step 2 and step 4, indicating that these steps may need to be clarified or differentiated more clearly. Step 6 appeared to be redundant within the context of this lesson and was rarely used.

The cards encouraged students to use visual elements such as colour and symbols, which they would not normally include in their drawings. However, students frequently started drawing too small, limiting the space available to elaborate on their ideas. Observations also showed that students needed some time to become familiar with the cards and learn how to use them effectively.

Additional guidance and examples were found to be highly beneficial. Students appeared more confident and successful when clear examples and extra support were provided alongside the cards. Finally, the name of the concept should be reconsidered. During the evaluation, both students and teachers expressed confusion about the current name of the cards and were not always able to immediately understand their purpose. A clearer and more descriptive name could improve recognition, reduce confusion, and better communicate the function of the cards to new users.

Findings observation and teacher interviews

POSITIVE

- Giving tips and pointing students in a certain direction helps with creating confidence and momentum.
- Students benefit from theory when they do not understand the short explanation on the front.
- Teacher 1: “I’ve never seen them use colour or symbols and icons before, but it really helps!”
- Teacher 2: “Steps make the process more manageable.”
- It helps to ask them direct questions. Students will start thinking more about their choices.
- The cards encourage reflection on the drawing and the message behind it.

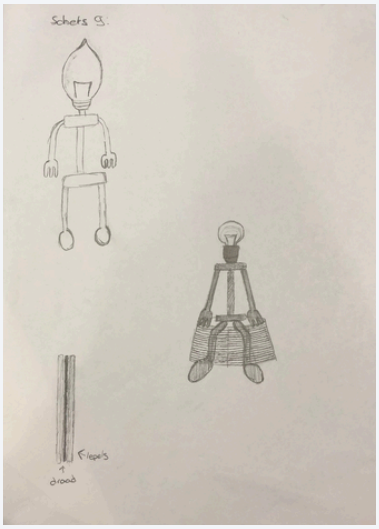
NEGATIVE

- Students struggle with step 2 and step 4. They find it hard to draw in perspective. Step 6 is redundant as all student already drew their drawing twice at that point.
- Students have to get to know the tool and have to learn how to work with it. Expectation is that they handle the tool much differently the 2nd time they will use it.
- Student draw too small.
- Teacher 2: “Flipover format makes it hard not to overloop examples on the back of the cards.”
- Teacher 1: “I would not open the teacher manual if I’m being honest… I would just ‘throw in’ the cards and see what works and what doesn’t.

Figure 72 | Clusters ”Points for improvement”

12.4.4 Outcomes drawing analysis

This page presents a number of drawings created by students, both with and without the use of the tool. The difference clearly demonstrates the functioning and impact of DRWCRDS. Students work in a more structured manner, and most of them ultimately produce a drawing that they believe better explains the objective of their project.

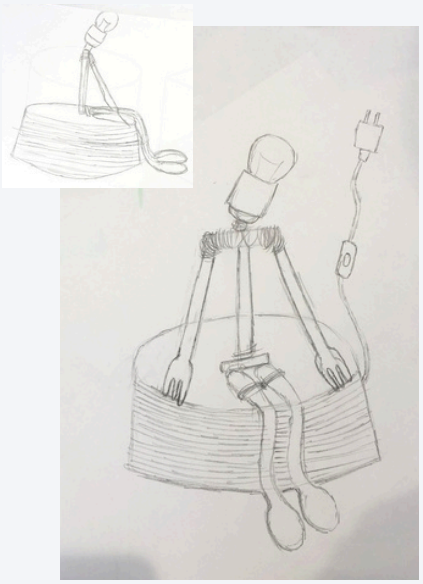


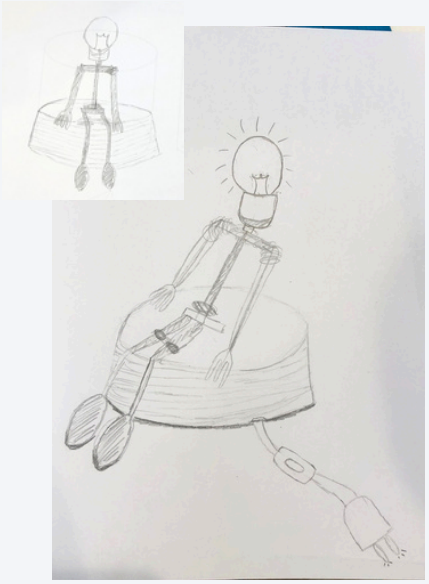
Drawings from group 2 **before** the use of DRWCRDS



Model from group 2

Figure 73 | Drawings before the use of DRWCRDS





Drawings from group 2 **after** the use of DRWCRDS

Figure 74 | Drawings after the use of DRWCRDS

Drawings from group 6 **before** the use of DRWCRDS

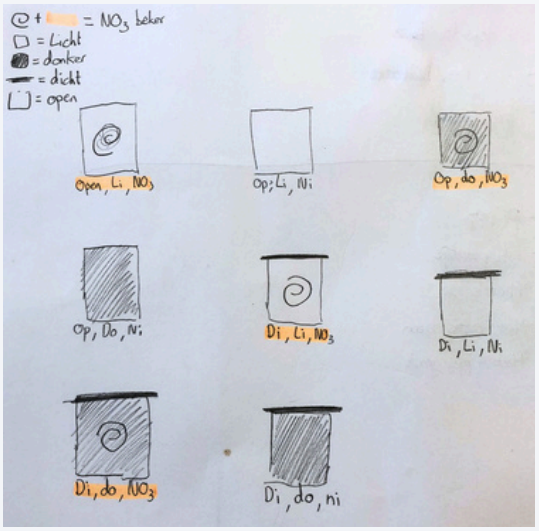
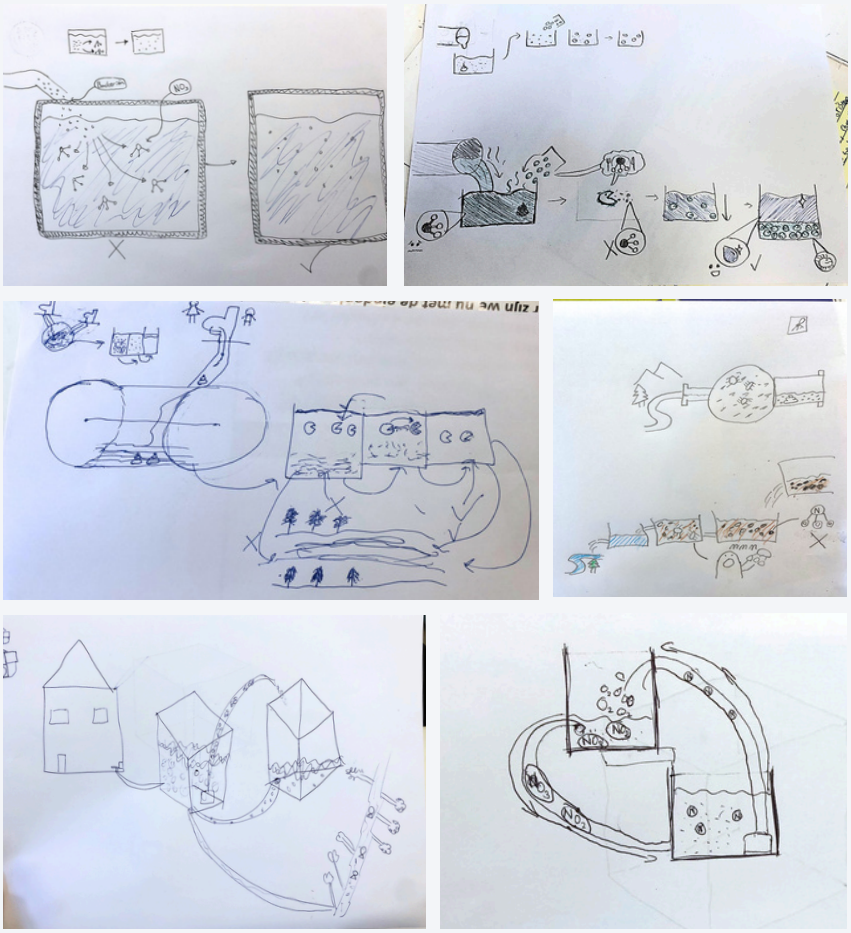


Figure 75 | Drawings before the use of DRWCRDS



Drawings from group 6 **after** the use of DRWCRDS

Figure 76 | Drawings after the use of DRWCRDS

13

Design refinement

This chapter describes the refinement phase of the design process, in which the initial concept was evaluated and improved based on feedback from user testing. Insights gathered from students and teachers provided a clearer understanding of how the tool performs in a real classroom setting, highlighting both its strengths and its areas for improvement.
Building on these findings, this chapter outlines the key adjustments made to the concept. These refinements focus on improving usability, clarity, and educational value, while maintaining the original intention of making the drawing process more structured and accessible for students in O&O lessons.

13.1 Adjustments

In the following section, the adjustments needed to optimize the final design are presented. Key themes and insights from Chapter 12 are identified, supported by evidence, and used to propose a new design direction. The chapter concludes with a concise list of improvements required to enhance the current concept.

13.1.1 Positive insights: What needs to stay?

This section focuses on the positive insights from the current concept: the elements that are already working well and should be preserved in the final design.

The step-structure makes it easier for students to draw a communicative drawing.

Insight 1

Evidence: "The best thing about DRWCRDS was that the drawing process was explained step-by-step."

Design Direction: The step structure needs to stay a part of the final concept.

Insight 2

Providing examples and tips during the drawing process offers additional guidance, resulting in more communicative drawings from students.

Evidence: During the test, a lot of students got stuck while drawing. Whenever I pointed towards the examples on the back, or gave them personal tips, they ended up with better results than their peers.

Design Direction: The final concept needs to facilitate more examples and tips to help students when they get stuck.

Insight 3

Completing all steps required to produce a drawing takes between 20 and 30 minutes.

Evidence: "If you have to do everything, it could take a long time for just one sketch."

Design Direction: In the final concept, reduce the number of steps or simplify the process to ensure the drawing activity can be completed within a shorter and more manageable timeframe.

Insight 4

Reading through the entire card takes a considerable amount of time for students.

Evidence: "There is a lot of text in the middle of the cards"

Design Direction: Minimise the information on the cards to reduce reading time and improve usability.

Insight 5

The wording on the card is too complex for some students.

Evidence: "Cards might be a bit unclear sometimes. I didn't always understand."

Design Direction: Simplify the language used on the card to make it more accessible for all students.

Insight 6

The flip-over format causes confusion, leading to examples being overlooked.

Evidence: "I haven't used any examples because I didn't notice them."

Design Direction: Redesign the format to improve clarity and ensure that examples are immediately visible and not overlooked.

Drawing in 3D is too advanced for many students.

Insight 7

Evidence: During the test, a lot of students chose a 3D subject for their drawing, the results could not communicate well enough what the concept was about.

Design Direction: Lower the level of complexity by reducing or removing 3D drawing tasks to better match students' skill levels.

Students are unable to pronounce or understand the name DRWCRDS.

Insight 8

Evidence: "What is D-R-W-C-R-D-S?"

Design Direction: Rename the concept to a clearer, more pronounceable, and more meaningful name for students.

13.2 Conclusion

In this section, the research questions are addressed. The research questions that were formulated are as follows:

1. To what extent do students perceive DRWCRDS as a user-friendly tool during the drawing process?
2. To what extent does DRWCRDS motivate students to engage in drawing and visual communication activities?
3. How do students evaluate the design and layout of DRWCRDS, and which aspects contribute to or hinder its usability?
4. To what extent do students perceive DRWCRDS as supporting the development of their visual communication and drawing skills?

RQ1 Userfriendlyness

Students generally experience the tool positively in terms of its user-friendliness with regard to content. They indicated that DRWCRDS makes drawing easier and that the steps provide a helpful structure and sense of guidance.
However, the tool itself is not perceived as user-friendly. Students reported experiencing too much repetition, and the language used is not always clear. In addition, some components do not come into their own; for example, the examples are often overlooked due to the flipbook format.

RQ2 Motivation and engagement

Eighty-three percent of the students indicated that they enjoyed working with the cards. However, only 50 percent stated that they would like to use the cards again in future O&O-projects. As a result, it is difficult to draw a definitive conclusion regarding this research question. During verbal discussions, it became clear that students had varying opinions about this second statement.

RQ3 Design and layout

Students indicated that there is still considerable room for improvement in this area. One student specifically noted that the tool was "not well adapted to the target audience." The flipbook format was reported to hinder usability, and a large proportion of students felt that the concept contained too many steps and too much

text. Therefore the tools needs to be redesigned into a concept that is more age-appropriate and educational while keeping its playful character.

RQ4 Support of drawing development

Students reported that the cards helped them develop and elaborate on their ideas, and they felt that the quality of their drawings improved as a result. Ten students indicated that one of the strongest aspects of DRWCRDS was the clarity of the steps and the guidance provided throughout the process.
Observations and conversations further revealed that students were often surprised by their own abilities. It was evident that they were actively reflecting on drawing as a means of communication and considering the role that drawing can play within the subject.

In conclusion, the adjustments that need to be made to improve the concept are the following:

- The final concept needs to facilitate more examples and tips to help students when they get stuck.
- In the final concept, reduce the number of steps or simplify the process to ensure the drawing activity can be completed within a shorter and more manageable timeframe.
- Minimise the information on the cards to reduce reading time and improve usability.
- Simplify the language used on the card to make it more accessible for all students.
- Redesign the format to improve clarity and ensure that examples are immediately visible and not overlooked.
- Lower the level of complexity by reducing or removing 3D drawing tasks to better match students' skill levels.
- Rename the concept to a clearer, more pronounceable, and more meaningful name for students.
- Change the style of the concept to something more age-appropriate and educational while keeping its playful character.

Introducing: Studio Schets

Studio Schets is an educational drawing tool designed to help students create clear and effective communicative drawings. It guides students through a structured process that encourages them to think about both their drawing and the message they want to convey. The tool breaks down the drawing process into five manageable steps, making it easier for students to develop and refine their drawings. By providing tips and examples, Studio Schets helps students improve the clarity and quality of their visual communication. The tool is designed for O&O educational purposes but can be applied in other fields where visualizing and explaining ideas is an important part of the design process.



Figure 77 | Render Studio Schets

14

Concept development: Studio Schets

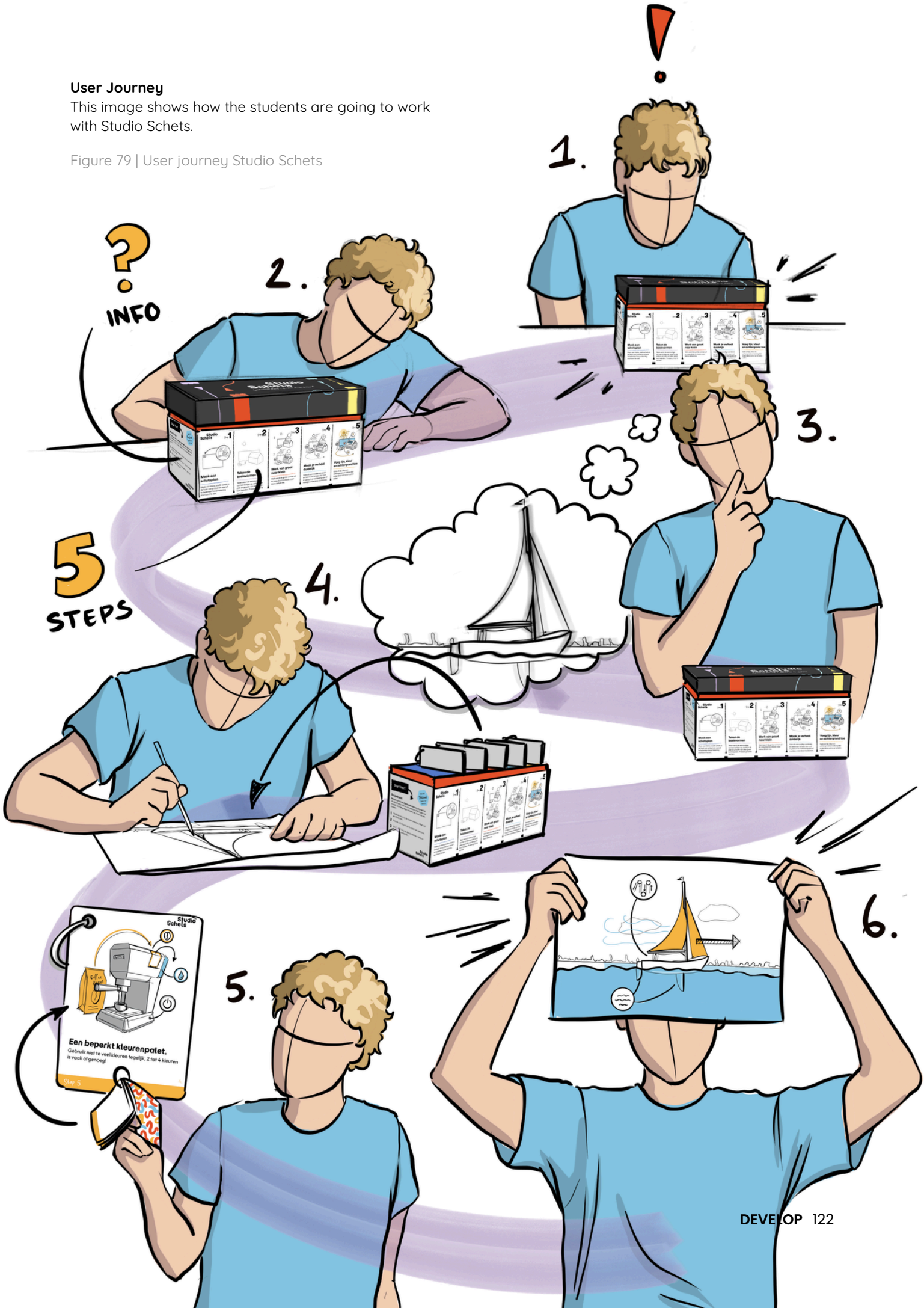
This chapter introduces the renewed concept of Studio Schets, a structured approach designed to help students visually communicate their ideas. Rather than sketching without direction, students are guided through a step-by-step process in which they gradually improve their drawings, make intentional design choices, and communicate their concepts more clearly.

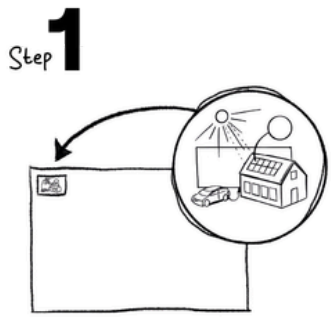
14.1 Format

Studio Schets consists of two interconnected components. The packaging, the box itself, forms the core of the concept. On the outside of the box, the five drawing steps are clearly displayed, guiding students in creating a structured and communicative drawing for their project. In principle, students can work through these steps independently.
If they get stuck, they can open the box and use the cards linked to the relevant step. These cards provide targeted examples and tips to support their process, with guidance tailored to each individual step.
The box is designed to encourage students to draw more frequently. It has a playful yet educational character that invites students to pick it up and start drawing. Because the packaging itself is the main working tool, only minimal actions are needed to begin the drawing process.

User Journey
This image shows how the students are going to work with Studio Schets.

Figure 79 | User journey Studio Schets

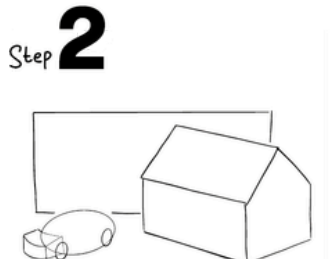




Make a sketching-plan

Make a small and fast sketch in th corner of your paper to determine what yout drawing will look like once it's finished.

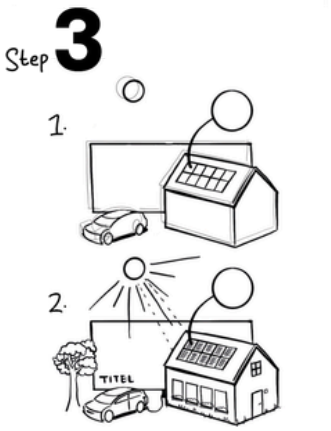
This step was added because it helps students quickly plan the composition and structure of their drawing before adding details. It allows them to experiment with different ideas, spot potential mistakes early, and create a clearer, more balanced final artwork.



Draw the basic shapes

First draw the basic shapes in a light manner. This way, you can determine the position and the scale of all elements in your drawing. Try to work as large as possible.

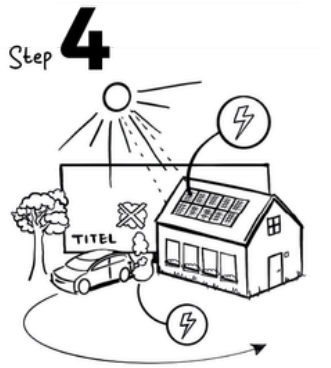
It is important to first draw the basic shapes lightly, because this allows students to establish the correct position and scale of all elements before adding detail. Working as large as possible helps maintain proportion and ensures the overall composition is balanced and well structured.



Work from big to small

Try to work out the large shapes first, start addig details later.

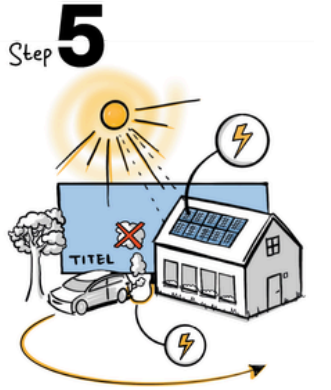
Working from big to small is important because it helps students build a strong overall structure and composition before focusing on details. By adding details later, they avoid getting stuck in minor parts too early and ensure the final drawing stays balanced and coherent.



Tell a clear story

Use simplified symbols and icons to show what happens in yout drawing and what the most important elements.

Using simplified symbols and icons is important because it helps students quickly communicate what is happening in their drawing and highlight the most important elements. This makes the idea clearer at a glance and keeps the focus on meaning and structure rather than unnecessary detail. It helps students focus on the communicative value of the drawing, rather than the aesthetic value.



Add line, color and background

Use line, color and background to make important elements stand out.

Using line, color, and background to emphasize important elements is important because it guides the viewer's attention to the key parts of the drawing. This creates visual hierarchy, making the message clearer and the composition more effective.

Figure 80 | Steps Studio Schets

14.2 Content

14.2.1 Steps

Studio Schets works in five clear steps. These steps guide students through the communicative drawing process. In the overview on the left, each step is explained in more detail. It also illustrates why these specific steps are important for students to follow while drawing (in light grey). The drawings in the overview correspond with the drawings on the box.
The previous concept, DRWCRDS, consisted of eight steps. After testing, this was reduced to five steps. This decision was based on several key insights. It was important to remove the remaining confusion the cards still caused. Therefore, unclear steps such as step 2 (purpose and audience) and step 6 (repeat and improve) were removed, as many students were unsure about what was expected of them.
In addition, the concept was simplified to make it more accessible. Steps 1 and 4 in the previous version were originally added to introduce students to 3D drawing. However, this proved to be challenging, and for most assignments it was not necessary to work in 3D. Moreover, the additional materials (such as blocks and stamps) distracted students from the actual drawing process. For these reasons, these elements were removed from the process, allowing the focus to shift back to the strongest part of the original concept: the drawing steps themselves.

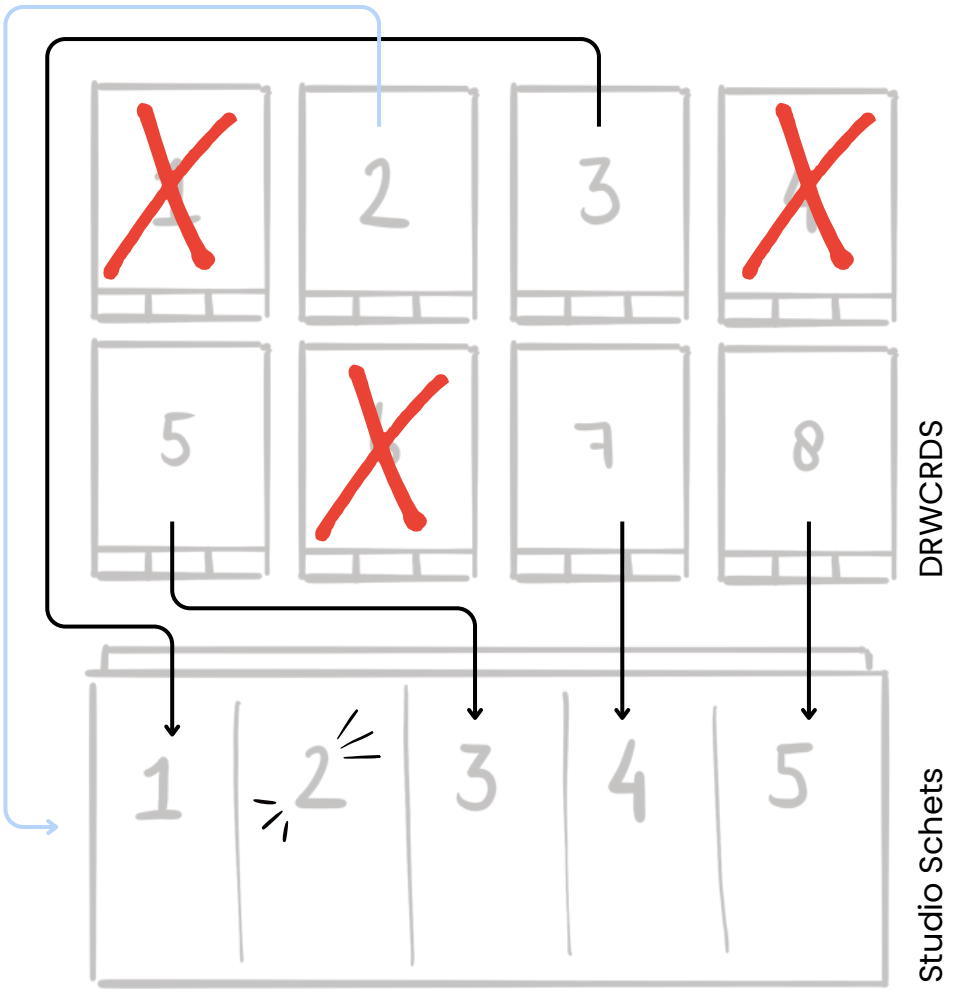


Figure 81 | Concept changes

14.2.2 Cards

The previous concept focused on providing opportunities for further exploration and advanced learning, by giving students the opportunity to learn more about drawing by adding theory (inside structure of the flip-over concept). In Studio Schets, this is no longer the primary focus. Instead, the concept emphasizes offering practical examples and tips. Each of the five steps displayed on the box is accompanied by a stack of cards containing relevant advice and drawn examples. The guidance on these cards is specifically tailored to the corresponding step. To make navigation easier, all cards are color-coded. This allows students to quickly identify which set of cards belongs to which step (for example, step 3 is marked in red, indicated by a red pencil line, and is therefore linked to the cards with a red border).

The cards differ significantly from one another. Step 1 focuses on creating a sketch plan, and the accompanying examples are simple and deliberately minimal. They emphasize principles that encourage students to focus on the overall composition rather than details. In contrast, the examples for the final step, step 5, are more elaborate and fully developed. They often include colour, variations in line weight, and backgrounds. The accompanying tips support these examples by providing further explanation and guidance.

The cards were specifically designed to help students when they get stuck during the drawing process. In many ways, they serve as a substitute for a specialized drawing teacher. Often, simply asking a student a question is enough to encourage reflection and help them find their own solution. For this reason, many of the tips on the cards are phrased as questions, prompting students to think critically about their work and make informed decisions independently.
The complete set of cards can be found in the Appendix D.

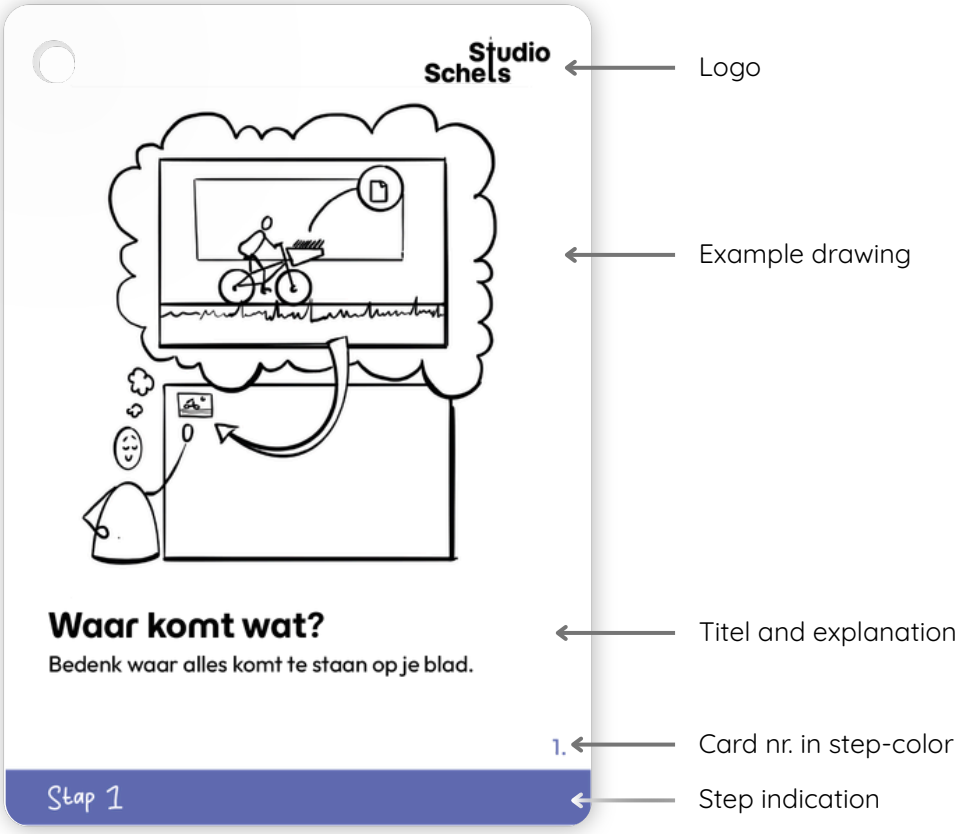


Figure 82 | Example card



Figure 83 | Render Cards

14.3 Style

Through many iterations, a coherent visual identity has emerged for Studio Schets, one that successfully captures both the educational nature of the concept and its playful, game-like character. The following sections explain and justify the design choices regarding colour, typography, and overall visual style.

14.3.1 Colours

The initial concept (DRWCRDS) used eight vibrant colours, each representing one of the eight different steps in the process. As the concept evolved, several of these steps were removed, making the original eight-colour palette no longer suitable. While the bright colours contributed to the playful nature of the concept, they also somewhat diminished its educational character.
To address this, a new palette of five colours was developed, offering a more professional appearance while keeping a sense of creativity and engagement. The colours are shown below. Each colour corresponds to one of the five revised steps displayed on the box. Black and white serve as the foundation for typography and background elements throughout the visual identity.

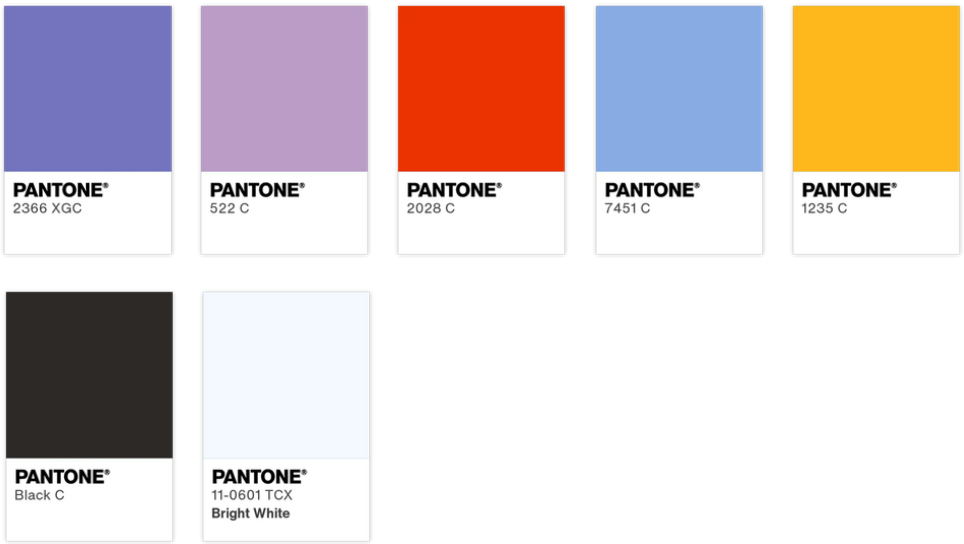


Figure 84 | Colours Studio Schets

14.3.2 Drawings

All cards were illustrated in a consistent visual style to create a sense of unity throughout the product. The illustrations were created using digital sketching, with a brush that produces clear, visible lines while still retaining a hand-drawn, sketch-like character.
When developing the illustrations, careful consideration was given to the balance between providing inspiration and keeping the drawings accessible, as discussed in Figure 85 on page 124. As the steps progress, the illustrations gradually become more detailed and complex. This approach is based on the idea that students are easier to inspire (and less likely to feel intimidated) once they already have something on paper. For many students, getting started is the most difficult part of the creative process.
For this reason, the examples in the early stages are intentionally simple and designed to be easy to replicate. The goal is for students to think, “I can do that oo.” Once they have gained confidence and started drawing, the examples gradually become more challenging, encouraging them to experiment with more complex elements rather than avoiding them. One of the key objectives of Studio Schets is to foster a sense of pride and accomplishment in students. To achieve this, students need opportunities to draw things they may not have initially believed they were capable of creating.

The wide variety of illustrations also reflects the diversity of O&O projects. A broad range of themes has been incorporated to ensure relevance across different contexts. In addition, the examples include variations in perspective, both 2D and 3D drawings, quick conceptual sketches, and fully developed illustrations. This variety demonstrates the many possibilities of visual communication and helps students understand that different types of drawings can serve different purposes within the design process.

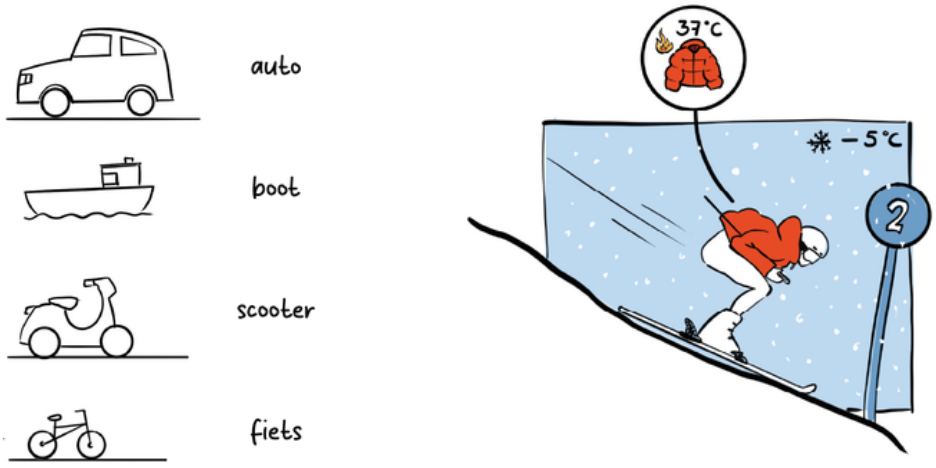


Figure 85 | Drawings Card 8, step 1; card 2, step 5

14.3.3 Font styles

Title

Momo Trust Display | Regular 12pt
Title fonttype

The Momo Trust Display typeface was selected for the titles because of its playful and educational character. This gives the Studio Schets a slightly more professional feel than DRWCRDS while keeping the style playful and inviting, which helps make the learning experience feel less formal and more engaging.

Text

Outfit | Light 8pt
Bodytext fonttype

The Outfit typeface was chosen for body text because of its readability and because it matched the title font-type. In addition, Outfit remains highly legible from a distance, which is essential for the usability of an educational tool where quick and clear comprehension is important.

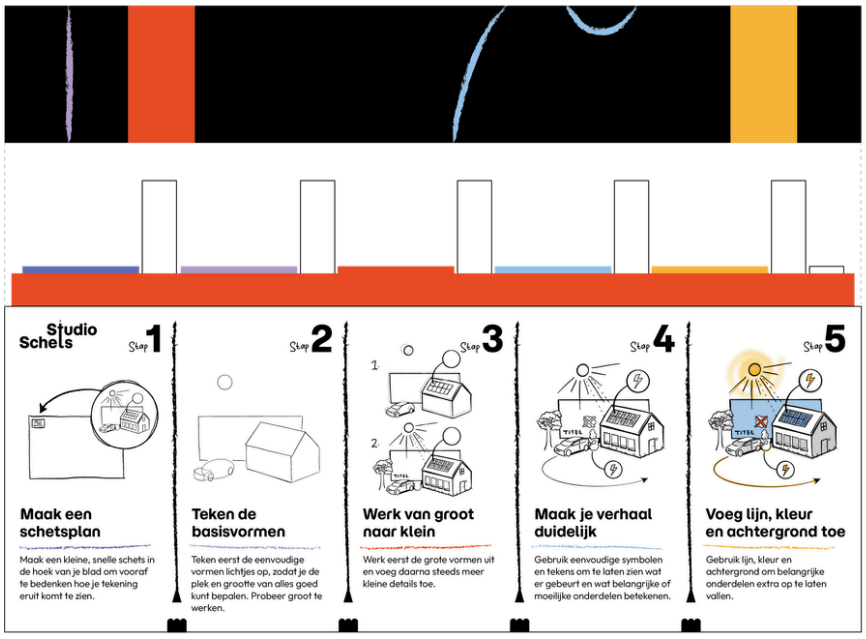


Figure 86 | Frontview



Figure 90 | Sideview



Figure 87 | Top view lid

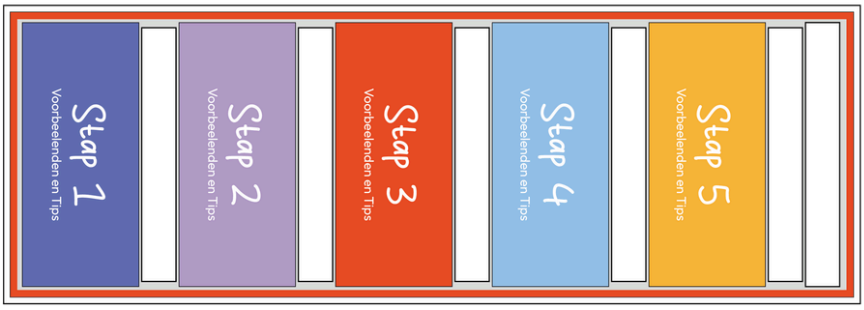


Figure 88 | Top view without lid

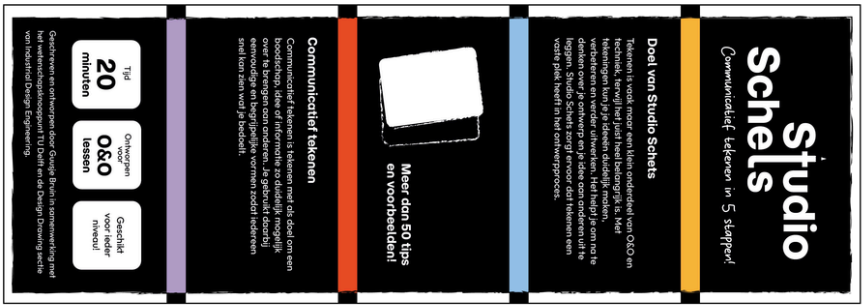


Figure 89 | Bottom view



14.3.4 Graphic design

This page provides an overview of Studio Schets' graphical design, illustrating how the various design elements have been visually structured and presented.

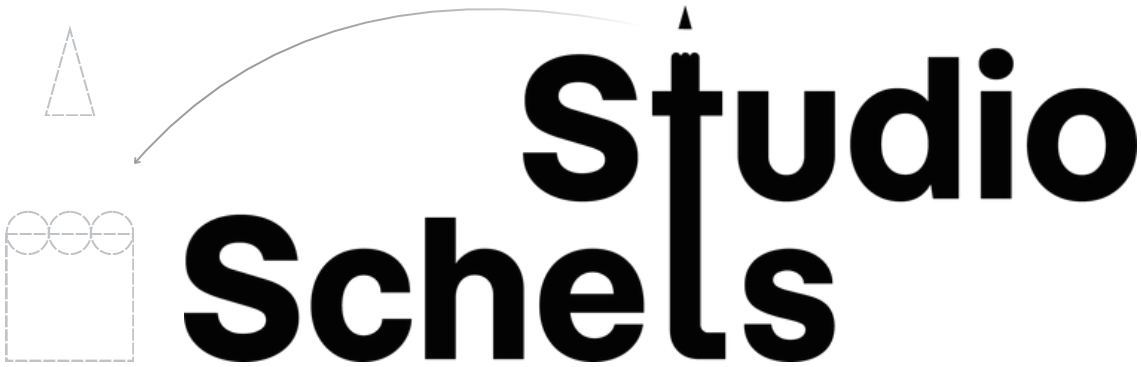


Figure 91 | Logo design detail: pensil from the basic shapes

Figure 92 | Logo design



Figure 93 | Render Studio Schets

15

Concept development: Physical Design

This chapter discusses the characteristics of the physical design, with a primary focus on the materials used in its construction, the dimensions of the final design, and an estimation of the production costs.

15.1 Materials

The box is made from traditional board game packaging materials, the same materials commonly used for commercial game boxes. The structure itself is constructed from sturdy cardboard, after which the visual design is applied as a printed wrap that is adhered to the box using a high-quality sticker layer.

Cardboard
For the main outer structure of the box a 2 mm thick, white-coated cardboard (mountboard) was used. The inside folded structure was made with 230g white cardboard.

Sticker
The graphic design for the outside of the box was made with a printed sticker, printed on 190 grams satin-paper.

Card materials
The cards are produced in A7 format (74 × 105 mm) and have a portrait orientation. The set consists of 55 cards; each printed in full colour on both sides using a digital printing process. The cards are made from 300 g/m² single-sided sulphate board and are finished with a single-sided glossy laminate to

improve durability and appearance. Each card features rounded corners and includes a 4 mm hole punched in the upper-left corner, allowing the cards to be bound together with a ring.



Figure 94 | Photo made during production of Studio Schets

15.2 Parts & Dimensions

The box consists of six separate components, which are shown below. Each step includes ten example cards, along with a front card indicating the corresponding step. These eleven cards are held together using a metal ring, allowing them to be easily flipped through and kept together as a set.

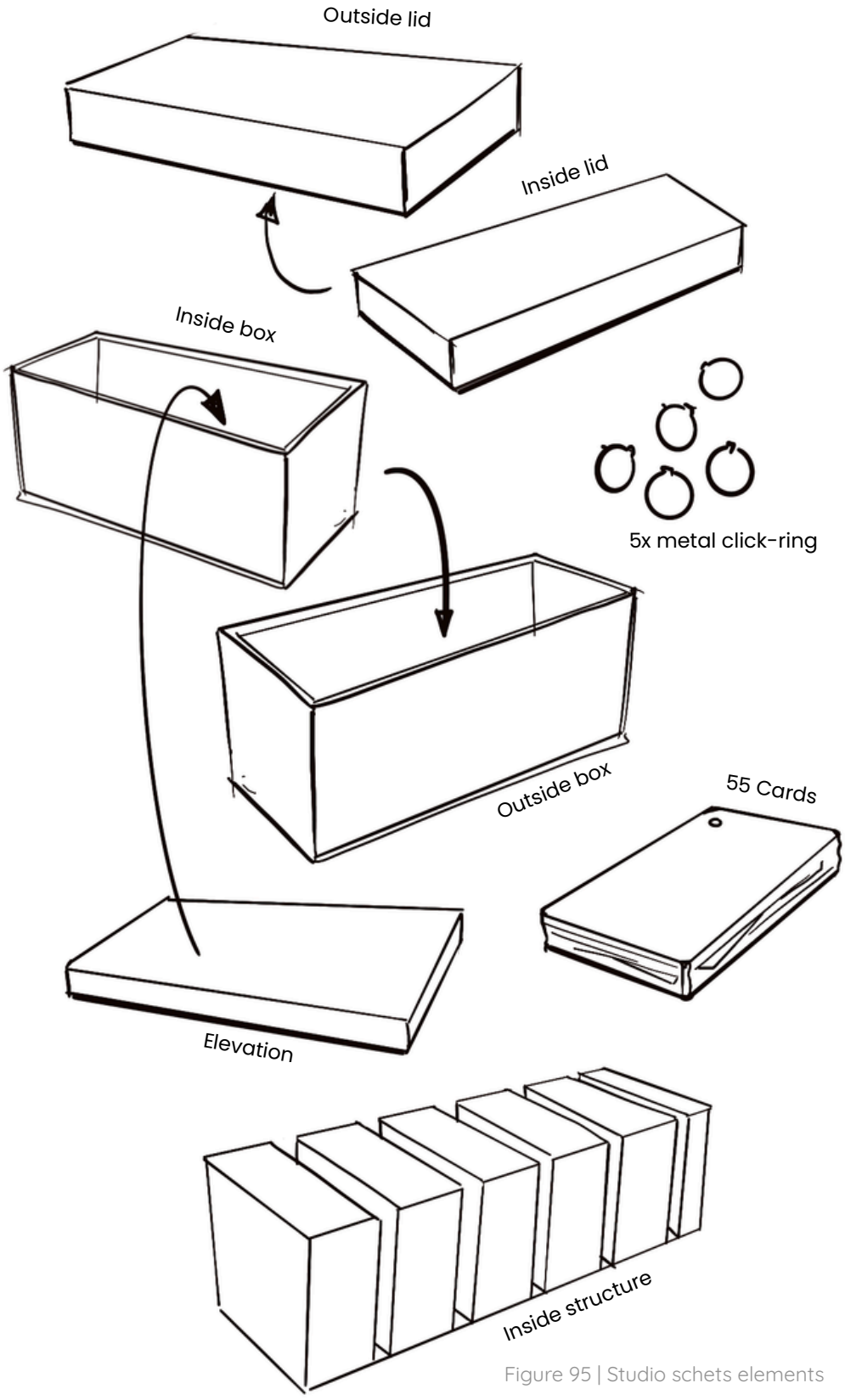
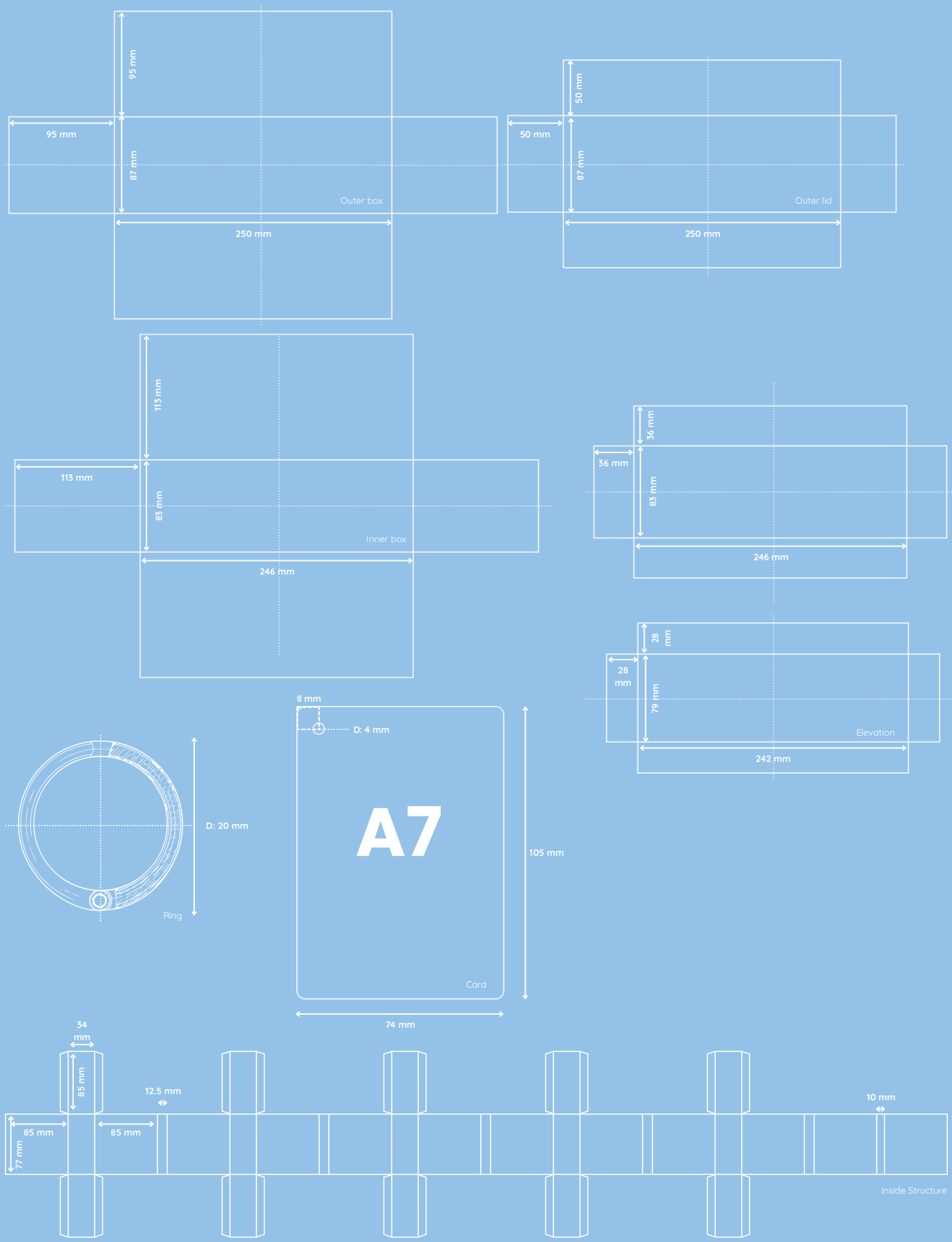


Figure 95 | Studio schets elements



Thickness cardboard: 2 mm

Figure 96 | Technical drawings outer dimensions

15.3 Cost price estimation

The cost of a single prototype is significantly higher than the cost per unit in larger production runs. This is due to fixed setup costs, printing preparation, and the absence of economies of scale. For a production batch of 100 units, these fixed costs are distributed across a larger number of products, resulting in a substantially lower unit cost.

	Cards	Box	Design sticker	Total
1 piece (handmade)	€52/4 = €13 (Four sets of cards were ordered at the same time, which helped to slightly reduce the overall production costs.)	(1.5 x €4,95) + (1 x €3.95) = €11,38 (2 mm Cardboard, 50/80cm €4,95. 1.5 mm Cardboard, 50/80cm €3,95)	€23 (1x A1 formaat sticker)	€47,38
100 pieces (machine-made)	€397/100 = €3,97 (€397 is the price for 100 sets of 55 cards)	€24,40	- (No sticker, design printed onto the cardboard)	€28,37

Figure 97 | Cost-price estimation Studio Schets

15.3.1 Low cost-price versions

Because the box is relatively expensive to produce, and schools may not be willing to spend that amount on a drawing tool, two alternative options were developed to reduce the overall production cost.
The first option involves partially removing the box from the concept. The box itself represents by far the highest cost component of the entire product. In this revised version, the steps are printed on a rigid cardboard sheet that can be assembled into a free-standing display, similar to a point-of-sale counter display placed on a table. The cards are then supplied in a standard card box, which is delivered together with the display (see Figure 99). Below, the cost estimation for this version is presented.

	Cards	Bord	Box	Total
100 pieces (Machine-made)	€397/100 = €3,97 (€397 is the price for 100 sets of 55 cards)	€103/100 = €1,03 (2 mm Cardboard)	€151,25/100 = €1,51	€6,51 / piece

Figure 98 | Cost-price estimation Studio Schets low-cost version

Another option is to have the school produce the box themselves. In this concept, the box can be laser-cut at the school, after which the design can be printed and applied by hand. The cards can also be printed and cut out by the school.
However, the quality of the tool will be lower, depending on how carefully the production is carried out and which materials are used.



Figure 99 | Design proposition for Low cost-price version

16

Concept development: Workshop and Advisory report

Instead of a teacher's manual and a learning pathway, a workshop format was chosen. In this way, teachers can save time, as they do not need to read an extensive manual, but instead actively engage with drawing within the subject during their training sessions.
The workshop covers roughly the same materials as the teacher manual did by giving the teacher information about the value of sketching in science and engineering education but applies it in a more hands-on format where the teacher gets to experience drawing with Studio Schets themselves.

16.1 Workshop content

The workshop focuses on teaching teacher how to support their students in creating communicative drawings using Studio Schets, an educational drawing tool specifically developed for use in O&O education. In the workshop, the teachers explore the potential role of communicative drawing in science and engineering education, while demonstrating then how Studio Schets can be integrated into O&O to establish this important role of drawing in science and engineering.
Participants are introduced to the pedagogical principles underlying the Studio Schets approach. The workshop also addresses effective teaching strategies that help educators guide students throughout the drawing process. Alongside the theoretical background, the workshop provides practical guidance for implementing Studio Schets in classroom practice. By actively engaging with the tool themselves, participants experience the various stages of the communicative drawing process and gain insight into the challenges and opportunities that students may encounter.
The aim of the workshop is to equip teachers with the knowledge, skills, and confidence needed to effectively integrate Studio Schets into their own educational context, and support their students while they use the tool.

All materials for the workshop can be found in Appendix D.



Figure 100 | Front slide Communicative drawing workshop



Figure 101 | A slide in Communicative drawing workshop

16.2 Advisory report

Here's a natural academic English translation:
The third and final implementation component is the advisory report. This report is intended to convince policymakers to apply the implementation strategy as effectively as possible. Only through the structured application of the three implementation components can drawing be sustainably and effectively integrated into O&O lessons. Informing stakeholders within the O&O system is a crucial step in this process. Therefore, it is important that as many people as possible within the organizational structure read this report. The full report is presented in Appendix D.



Figure 102 | Front page of the Advisory report

17

Testing Studio Schets

After redesigning DRWCRDS into Studio Schets, it was time to test Studio Schets is a classroom setting. During the test, students used Studio Schets to create a drawing that would explain one if their design from projects they did. After making the drawings they gave feedback on using the tool. This chapter provides a detailed description of how the second testing was set up and conducted.

17.1 participants

The concept was tested at one school this time: one second-year class and one third-year class participated in the test. Six groups participated, meaning that 19 students used Studio Schets and provided feedback on the prototype. Because Both classes were at Atheneum level.
In addition to the students giving feedback, two teachers also gave feedback on the tool in the form of an unstructured interview to gain qualitative insights into the opinions of teachers.



1 School 2 Classes 6 Groeps 19 students

Figure 103 | Visual representation of participants test

17.2 Test structure

17.2.1 Test with students

The test started again with a short interview in which the test leader asked students how drawing is used in their O&O lessons and what role they think it plays. Afterwards,

the test leader explained how the concept behind the tool works. The students were then asked to use Studio Schets to make a drawing that would explain (without using words) one of their O&O projects from the past schoolyear. While they worked, the test leader observed how they moved through the different steps of the tool and how they handled the process. Once the task was completed, the students filled in a short exit form with eight statements and three open-ended questions. The test leader asked follow-up questions to better understand their actions and experiences while using Studio Schets.

17.2.2 Test with teachers

Apart from the tests with student, 2 interviews with teachers were conducted. These interviews were unstructured, meaning the interviewer and the interviewee had a natural conversation about what it would mean if the concept was introduced in the classroom and about the format and content of the concept.

The full test structure, along with the exit form, can be found in Appendix C.

Test-process

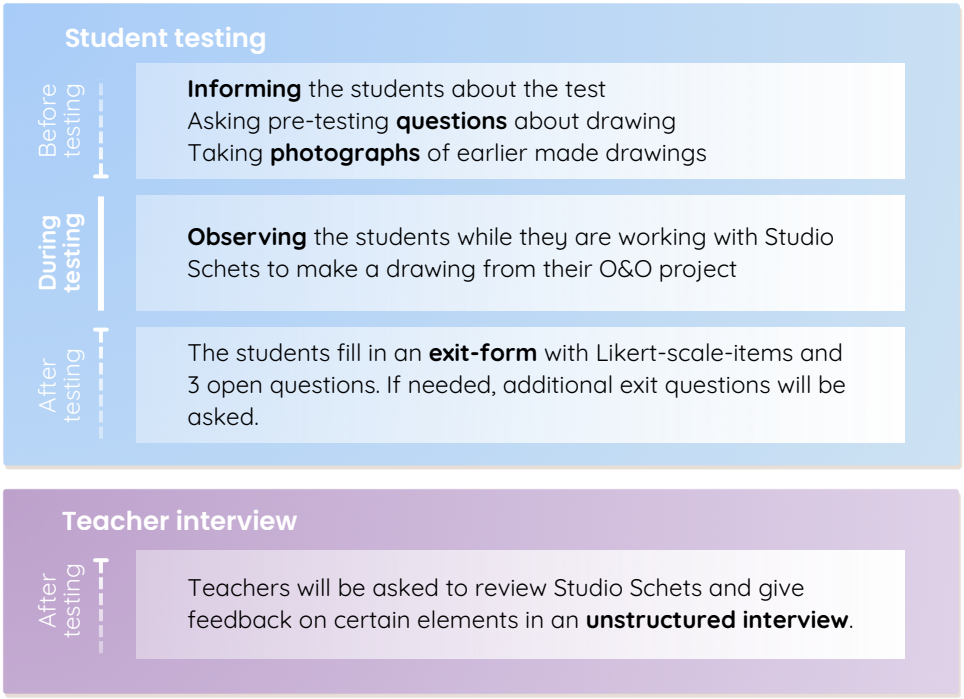


Figure 104 | Learning Pathway Card 1

17.3 Research questions

The research questions that were set up for this test are the same as the ones that were set up for the test with DRWCRDS:

1. To what extent do students perceive Studio Schets as a user-friendly tool during the drawing process?
2. To what extent does Studio Schets motivate students to engage in drawing and visual communication activities?
3. How do students evaluate the design and layout of Studio Schets, and which aspects contribute to or hinder its usability?
4. To what extent do students perceive Studio Schets as supporting the development of their visual communication and drawing skills?

17.4 Results

17.4.1 Exit forms: Statements

To evaluate Studio Schets on the topics introduced in the previous section, students filled out an exit form consisting of eight statements rated on a five-point Likert scale (1 = strongly disagree, 5 = strongly agree). The content of this exit form differed slightly from the version used in earlier testing. The full list of statements can be found in Figure 104.

Overall, the results indicate that students responded positively to Studio Schets. Nearly all students agreed that the cards were easy to understand (M = 4.11), although they were less certain that the cards helped them decide what to draw (M = 3.11). In terms of supporting idea development, students were moderately positive (M = 3.53). However, opinions were more neutral regarding the extent to which the example and tip cards supported them during the drawing process (M = 3.11); this will be revisited later.
Perceived impact on drawing quality was also neutral (M = 3.26), with this statement showing the highest variation in responses (SD = 1.05), indicating considerable differences in student opinions. For the statement "I think others will understand my drawing better now," students responded somewhat positively (M = 3.53).
Students reported enjoying working with the cards (M = 3.74), suggesting an overall positive user experience. In addition, many expressed interest in using the cards more often during O&O lessons, although responses here varied more widely (M = 3.47). In this second version of the test, students were also asked about the aesthetic appeal of the tool, which received unanimously positive responses (M = 4.47; SD = 0.77).

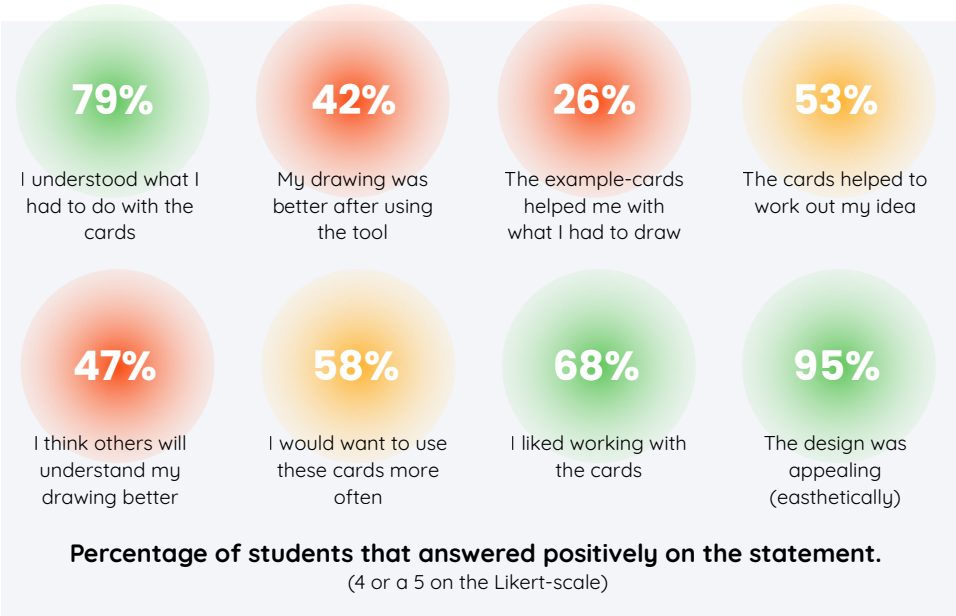


Figure 105 | Percentage of students that answered positively on the statement.

17.4.2 Exit forms: Open Questions

The students were asked to answer the following 3 open questions:

- What did you think was the best thing about Studio Schets?
- What did you think was the worst thing about Studio Schets?
- What did you think about the design of Studio Schets?

A manual text analysis was used to analyse the students' responses. The answers were highlighted and grouped into different clusters, resulting in the following findings:

What did you think was the best thing about Studio Schets?

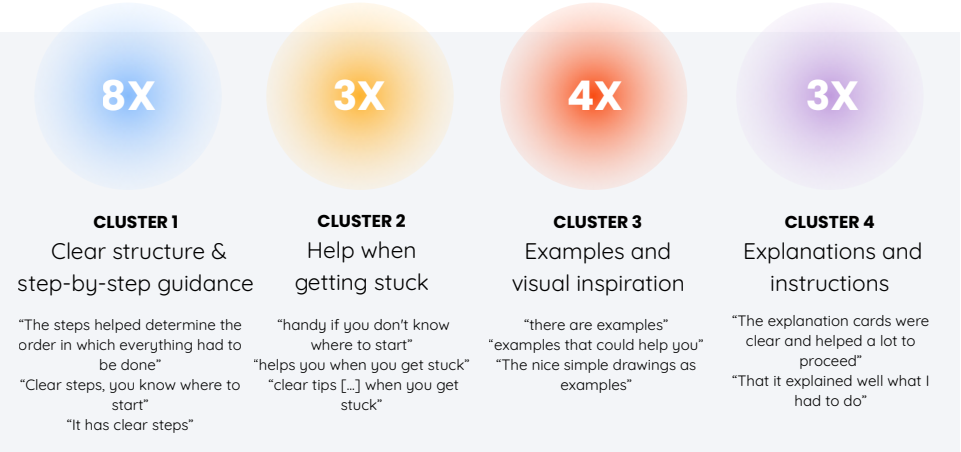


Figure 106 | Clusters "best thing"

What did you think was the worst thing about Studio Schets?

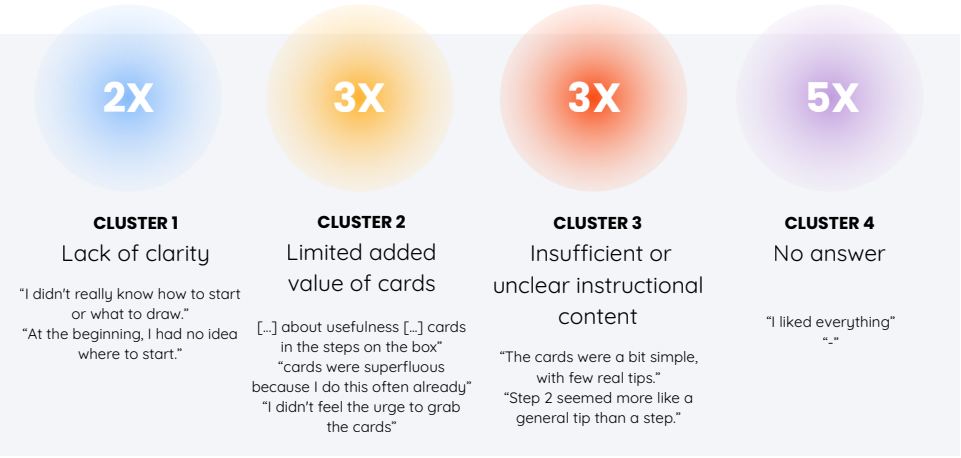


Figure 107 | Clusters "worst thing"

What did you think about the design of Studio Schets?

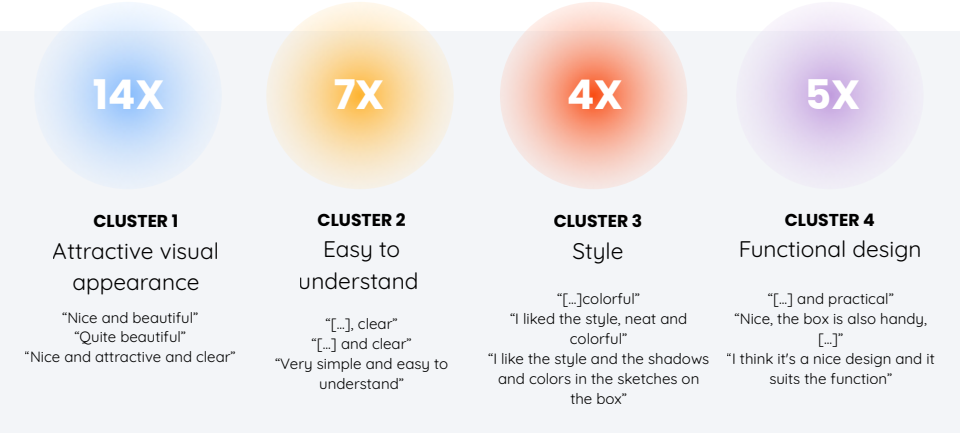


Figure 108 | Clusters Design

17.4.3 Outcomes observation

Before starting the actual drawing activity, the students were asked about how they applied drawing in their weekly O&O lessons and whether they liked it or not. Students reacted differently. One group specifically mentioned that they use drawing only in the brainstorm Fase of the projects, another mentioned that they used it "a lot, all the

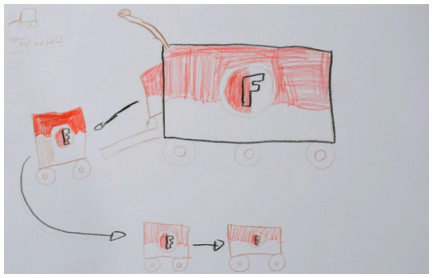
time". Most students were positive about drawing activities during O&O lessons: "it is something else than we normally do, that's nice"; "we like drawing!".
After the short introductory interview and an explanation about Studio Schets and the assignment they had to fulfil, the students started working with the prototype. Most students (except for one group) started drawing very quickly. Almost all students understood what they had to do and started drawing thoroughly. These students had no difficulty following the steps and were actively drawing and improving their drawing. It was surprising to see that students spent a much larger proportion of the time sketching than during the tests with DRWCRDS. Students were creative when they wanted to draw straight lines and used all kinds of tools (side of pencil, side of pencil-box, geo).
However, there were some striking negative findings as well. It quickly became apparent that the students would not use the example cards while drawing. From the 19 students only 7 students touched the example cards. Often, these students would only look at one of five stacks. After the drawing exercise the students were asked why they did not use the cards. The answers varied between: "I understood every step, so I did not need them" and "I didn't notice them" or "I forgot they were there". In addition, a few students did not know what to draw, and it took them a long time before they put their first lines on paper. Furthermore, there were two striking isolated statements by students. One student said in the interview afterwards: "I had no idea what I had to do, I didn't know how I had to draw it", however, this student made a very clear drawing. After this one student expressed frequent criticism, other students began exhibiting similar patterns of critical communication. Another student mentioned: "I always do this when I draw, I don't need Studio Schets for it", however, this student did not follow the steps on the box.

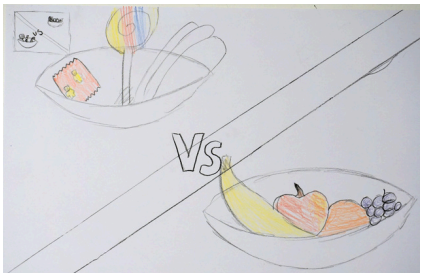
17.4.4 Outcomes teacher interviews

Teachers responded very positively to Studio Schets. Two teachers were interviewed and shared the following feedback: "I would definitely like to implement this in my lessons, in fact, I'd love to!" One teacher did note that it would be a bit "too much" to have the box on the table all the time. "I think I would use Studio Schets once in every project (during the brainstorming phase). That way, it doesn't become repetitive." This comment highlights the importance of the workshop. In fact, Studio Schets is less suitable for the brainstorming phase and it only contributes meaningfully to students' learning process if the box is used regularly, allowing students to become familiar with Studio Schets and develop independent critical sketching skills. One of the teachers also suggested that an overview of all the tip cards, for example in the form of a poster, could be useful for teachers: "That way, I can refer students to a specific tip whenever needed. For example: 'Have you already looked at Step 5, Card 8?".(The overview can be found in Appendix D). Teachers were also positive about the level of the material. "It is certainly suitable for lower secondary students, but I think I could also use it effectively with high school students." Overall, the feedback from the teachers was overwhelmingly positive.

17.4.5 Outcomes drawing analysis

Below and on the next page a number of drawings created by students with the use of Studio Schets are shown.





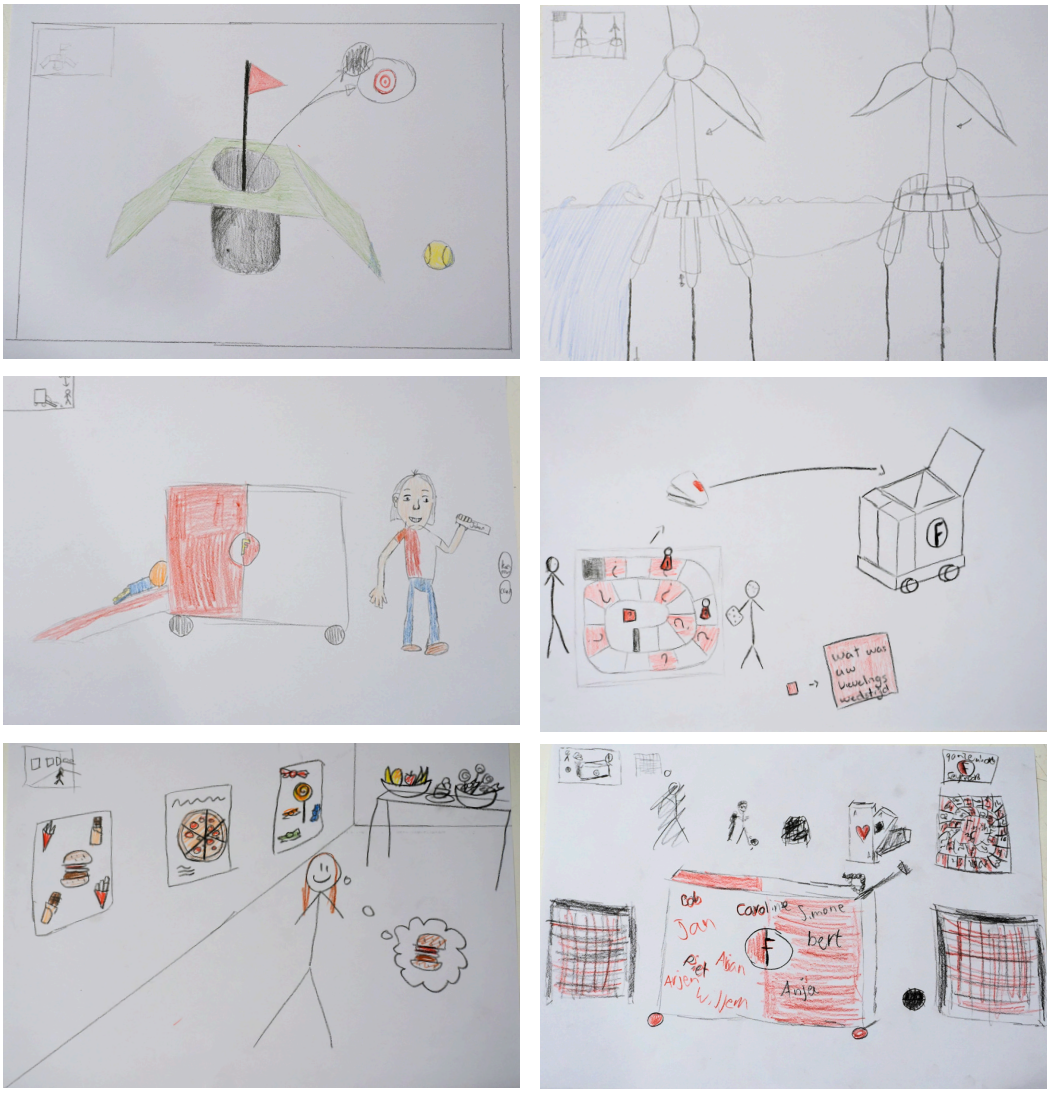


Figure 109 | Student drawings made with Studio Schets

17.4.6 Impact of Contextual Factors on the Test Results

Contextual factors likely had a strong influence on the outcome of the test. The DRWCRDS test took place in May, when students were in the middle of an ongoing project. The drawings they made during the test could still be used for their final project portfolio, which likely increased their motivation and engagement during the task.

In the test with Studio Schets, there were several factors that may have negatively influenced the results. First, the weather: it was 33°C outside on the day of the test, which meant the classroom temperature rose to about 30°C. In addition, the students' O&O project had already finished and been graded. The drawings they made during the test were related to their final project but were no longer relevant for their end-grade. The lesson in which the test took place was an extra class, which students could use to say goodbye to their teacher and prepare for the exam week starting the next day.This leads to the third factor. Many students indicated they did not want to take part in the test because of the upcoming exam week. They spent most of the lesson studying for their exams instead. In the final weeks of the school year, students are often less focused and less engaged in classroom activities, as the year is coming to an end. This may have influenced their participation and therefore affected the reliability of the results.

17.5 DRWCRDS vs. Studio Schets

This subsection compares the test results of Studio Schets with those of DRWCRDS. In doing so, the negative influence of contextual factors that may have affected the outcomes of the Studio Schets test is taken into account. When the results are compared directly, DRWCRDS appears to perform better, particularly on the statements included in the exit questionnaire. However, a more in-depth analysis shows that Studio Schets demonstrates substantial improvements over DRWCRDS in several areas. The evaluation of DRWCRDS revealed that the different steps caused confusion among students. They felt that the tool contained too many steps and too much text, resulting in students spending a considerable amount of time reading the cards and working through the process.

The evaluation of Studio Schets indicates that these issues have largely been addressed. For example, 79% of the students reported that they clearly understood what they were expected to do. In addition, students described the tool in the open-ended responses as providing "clear structure and step-by-step guidance." Observations further showed that students spent considerably more time drawing and much less time reading compared to the DRWCRDS evaluation. Furthermore, the drawings produced with Studio Schets were clearly legible.

The lower scores on the statements "The cards helped to work out my idea" and "My drawing was better after using the tool" may be explained by differences in the design of the two concepts. In DRWCRDS, students could independently pick up, read, and complete each of the eight step cards. Teachers identified this as a strong aspect of the concept because it gave students a sense of autonomy and kept them engaged through the physical action of selecting a new card before each step.
In Studio Schets, this aspect of the concept was significantly changed. The steps were moved to the side of the box, meaning that the autonomy previously provided by the individual step cards was transferred to the tips and example cards. However, the evaluation showed that most students rarely or never used these cards. This may explain why Studio Schets scored lower than DRWCRDS on these two statements.

Finally, it is likely that the previously discussed contextual factors also had a negative impact on the evaluation results of Studio Schets. As a result, the actual performance of Studio Schets may have been better than the test results suggest. The students gave fewer strongly positive and strongly negative responses. Mainly when looking at the answers to the open questions, this is apperent. This may indicate that they felt less engaged or less interested while testing Studio Schets compared with the students who tested DRWCRDS. This difference may therefore be related to contextual factors surrounding the testing conditions rather than the intervention itself.

Overall, the comparison shows that Studio Schets successfully reduced cognitive load by simplifying the instructions, decreasing the amount of reading required, and strengthening the visual guidance. Although the redesign appears to have reduced some of the autonomy associated with the original step-card system, the overall findings indicate that Studio Schets provides a more accessible, intuitive, and engaging drawing support tool than DRWCRDS, despite the seemingly negative results from the evaluation.



Figure 110 | Testing prototype Studio Schets

DELIVER

Section introduction

This section mainly describes the evaluation of the design project. In the first chapter, the alignment of the final design with the research and define section will be discussed to determine whether the concept is truly in line with the findings. Chapter 19 describes the implementation strategy: the way in which the different elements produced during the project must be implemented to be successful. To conclude the project, chapters 20, 21, and 22 provide a discussion, conclusion, and recommendations for further research and implementation.

Section contents

18 Alignment Research & Design requirements 149
19 Implementation strategy 155
20 Discussion 161
21 Conclusion 165
22 Recommandations 167

18

Alignment Research & Design requirements

18.1 Alignment with research (discover & define)

From the discover phase of this study, it became apparent that drawing plays an important role in any design or research project related to science and engineering. However, several barriers prevent drawing from being structurally implemented in science and engineering education.
When looking at O&O education, the following barriers were identified:

Barriers for students
For students, (1) a lack of knowledge and skills and (2) a lack of practice prevent them from drawing during O&O lessons. These factors, in turn, lead to additional barriers such as (3) motivational problems, (4) differences in skill level, and (5) insecurities. In addition, the influence of digitisation (6) further increases the threshold for using drawing in O&O.

Barriers for teachers
For teachers, several barriers were identified as well, including (1) a lack of time, (2) the absence of a fixed place for drawing within the curriculum, (3) a lack of confidence in students' drawing abilities, and (4) limited experience with drawing themselves.

It was determined that these barriers arise from different organisational levels within the O&O educational system. This means that the solution space is spread across these organisational levels and that the solution should take the form of an implementation plan covering all three levels. This implementation plan consists of a drawing tool for students, a manual for teachers, a learning pathway for teachers and educational coordinators, and an advisory report for teacher trainers and organisational decision-makers.



Figure 111 | Implementation Plan set up in the Define Section

The final design solution developed in this study consists of Studio Schets, a supporting workshop for teachers and the advisory report.

The final design solution addresses student-related barriers through the implementation of Studio Schets. Studio Schets primarily focuses on lowering the threshold for drawing by enabling students to develop their drawing skills independently. The design makes it easier for students to view drawing as a quick, low-resource method for prototyping, refining ideas, and presenting concepts. The design communicates a message: "It's really not that hard to become good at drawing with Studio Schets". In doing so, the initiative aims to increase motivation and reduce insecurities. While it does not eliminate differences in drawing ability, it ensures that all students can produce drawings that communicate their ideas visually and, most importantly, clearly. The solution is deliberately designed to be fully analogue and does not require any digital products or elements to be effective.

Studio Schets also makes life easier for teachers because it can be implemented without requiring direct teacher support. Students can autonomously improve their drawing skills throughout the O&O project. This saves valuable classroom time, as there is no need for separate drawing workshops or extensive classroom instruction. Instead, the tool functions independently. When permanently available at the O&O workspace, Studio Schets encourages the structural use of drawing throughout the design process.

In addition, proposed curriculum adjustments further support the implementation of drawing. Drawing is scheduled to become a mandatory skill within O&O education from 2027 onwards. Teachers will therefore benefit from having a structured method for integrating this skill into their lesson series. Furthermore, teachers do not need to

be professional illustrators or draftsmen to support students in the drawing process. The tool has been designed in such a way that much of this support is already provided through the tip cards and example cards included in the box.
Nevertheless, it remains important for teachers to be able to provide additional support and to recognise drawing as a core component of O&O education. For this reason, the workshop Guiding Communicative Drawing was developed for teachers. During this workshop, participants learn about the importance of communicative drawing within science and engineering and develop the skills needed to support and guide students in the use of Studio Schets.

18.2 Alignment with design requirements

The research phase and the subsequent definition of the design problem led to the formulation of a set of design requirements against which the final design can be evaluated. On the this page and the next, the design requirements are presented once more, followed by an evaluation of Studio Schets and the accompanying workshop based on these requirements. Additional explanations are provided for the requirements that are only partially met or not met by the final design.

“Adaptability”
There are two points where Studio Schets fails to meet the design requirements. These points primarily relate to the word 'adaptable'. Studio Schets is a strong concept that meets many of the requirements, but it is not adaptable to specific age groups or skill differences. However, the teacher can use the tool differently for various age groups, and there is the option to go through all 50 tips or just the 5 steps on the outside of the box.

Core objectives

✗ 1. The design solution should enable the integration of drawing into all phases of the O&O design process.
✓ 2. The design must contribute to the development of drawing skill and visual literacy to the point where the student is able to autonomously make a communicative drawing of their project subject.
✓ 3. The design must position and communicate drawing as a tool for thinking, learning and communication within the O&O (design) process.

Design requirements related to students

✓ 4. The design solution must use clear, simple language and explanations that are understandable for students aged 12–15, without requiring prior subject knowledge.
✓ 5. The design should stimulate students to start drawing.
? 6. The design should stimulate students to draw at least once every O&O lessons.
✓ 7. The design must help students understand when and why to use drawing.
✓ 8. The design solution should reduce students' perceived insecurity about drawing.
✗ 9. The design must be adaptable to different (drawing) skill levels.
✓ 10. The design must be implementable in all (types of) O&O projects.
✗ 11. The design must be adaptable to different educational grades.
✓ 12. The design must inform students about the value of drawing in science and engineering.
✓ 13. The design must improve the communicative value of students’ drawings compared to the drawings they produced before using the tool.
✓ 14. The design should use an age-appropriate visual style for students aged 12–15.
✓ 15. The design should exude professionism and educational value through layout, typography, and overall presentation.
✓ 16. The design should be visually appealing and inviting for students to use.

Design requirements related to Teachers and Schools

✓ 17. The design solution should enable teachers without formal drawing training to successfully implement and guide the drawing activities after reading the provided instructions.

✓ 18. The design must help teachers understand the value of drawing in an O&O context.

✓ 19. The design should be integrable into existing lessons without requiring more than a short introduction for teachers (e.g., no more than 15 minutes of preparation or training before first use).

✓ 20. The design must provide teachers with clear guidance on how to teach and apply drawing in a O&O context.

✓ 21. The design must be implementable within the existing O&O lesson program without requiring changes to the structure, content, or sequence of the lesson plan, as verified by teacher testing.

✓ 22. The design must embed drawing within the design process, not as a separate activity.

✓ 23. The design must be time-efficient and compatible with the limited time available in O&O lessons.

For Organisations

? 24. The design solution must support the long-term and repeated use of drawing within O&O lessons, ensuring that drawing activities can be consistently reused across multiple projects without needing redesign.

✓ 25. The design must shift perception of drawing from artistic skill to a functional design tool.

18.3 Affordability and Accessibility

Accessibility for schools was considered throughout the design process. Since schools often operate within limited budgets, the concept was intentionally designed to be implementable at different cost levels.

Three implementation options were developed:

- The original full Studio Schets concept.
- A simplified low-cost version of the concept (€6.51 per unit when produced in batches of 100).
- A digital print-and-produce version that schools can manufacture themselves.

These alternatives allow schools to adopt the concept in a way that matches their available resources while maintaining the core functionality of the design. By offering multiple implementation formats, the concept becomes accessible to a wider range of educational contexts.

18.4 Acceptance and User Experience

The extent to which students and teachers will embrace Studio Schets cannot yet be determined with certainty, as the final version of the concept has not been tested in practice. During the design process, however, several iterations were evaluated with users, providing valuable insights into elements that were appreciated and should be retained. One of the most positively evaluated aspects of the predecessor concept, DRWCRDS, was its step-by-step structure. Students indicated that this approach made drawing more approachable and reduced uncertainty about where to begin. These findings formed an important foundation for the further development of Studio Schets and remain visible in the final design. Based on these earlier evaluations, it can be expected that the structured and accessible nature of Studio Schets will contribute positively to student engagement. However, the actual reception of the final concept by both students and teachers remains a topic for future evaluation and testing.

18.5 Practical Implementation within O&O Education

Studio Schets was intentionally designed as an analogue and low-threshold educational tool. Because it does not depend on digital systems, specialised software, or advanced technologies, it can be produced using relatively simple manufacturing processes and integrated into existing educational environments without major adjustments. The tool can be placed directly in O&O classrooms and workspaces, allowing students to use it independently throughout a project. This reduces the need for additional classroom instruction and makes it easier for teachers to incorporate drawing into existing project structures. The accompanying workshop further supports implementation by helping teachers understand the role of communicative drawing and develop confidence in guiding students during the process. Nevertheless, successful implementation depends on more than the design of the tool itself. Structural use of Studio Schets requires schools and teachers to actively integrate drawing into their educational practice. The planned introduction of drawing as a mandatory skill within O&O education from 2027 creates opportunities for this integration, but the degree of adoption may still vary between schools and teachers. n addition, the effectiveness of Studio Schets relies on students consistently using the tool during the design process. Encouragement from teachers and visibility within the learning environment are therefore important factors in ensuring long-term use. As the final concept has not yet been extensively tested in classroom practice, the long-term effects on drawing behaviour and learning outcomes remain subjects for future evaluation.

This structure keeps all your original arguments but makes them feel like a natural continuation of the Alignment with Research and Alignment with Design Requirements chapter, rather than introducing a completely new design-thinking framework at the end of the report.



Figure 112 | Prototype Studio Schets

19

Implementation Strategy

This chapter describes the implementation strategy for Studio Schets, the accompanying workshop, and the organisational advisory report developed within this graduation project. The implementation strategy outlines how these three interconnected elements will be introduced, tested, and gradually scaled within the Technasium network in the Netherlands.

19.1 Purpose and scope of implementation

The final implementation plan resulting from this graduation project consists of three key elements: the tool (Studio Schets), the workshop, and the organizational advisory report. This advisory report will be a condensed version of the main research report and will describe, in Dutch, why and how drawing should be implemented in O&O (Design & Engineering) education.
These three elements will be deployed together and distributed across the entire contextual structure of the Technasium network (see Figure 113). The implementation will follow a gradual approach, starting with a small-scale pilot to further test the effectiveness of the tool and improve its design.

19.2 Context and constraints

The three components will be implemented within their respective contexts. This means that Studio Schets will be introduced across all Technasium schools in the Netherlands. The preferred approach is that all schools use the original version of the tool; however, if this is not feasible for a school due to financial or practical constraints, two lower-cost alternatives will be available.
To ensure that Studio Schets is used correctly within O&O lessons, the workshop will be implemented in teacher training programmes for O&O and delivered through webinars and workshops offered by Stichting Technasium. This step is crucial to ensure that teachers across the Netherlands understand the value and purpose of sketching within science and engineering education at an early stage in their careers.

For technators and for staff and board members of Stichting Technasium, an advisory report will be distributed.

19.3 Phases of implementation

19.3.1 Pilot phase

The implementation plan begins with a pilot phase. In this phase, Studio Schets will be tested in small-scale educational settings. The tool will be tested in classes 1, 2, and 3 of HAVO and VWO across different schools throughout the country. This selection is based on the observation that schools in the eastern region tend to focus more on research-oriented projects, while schools in the western region tend to emphasise design-oriented projects. The prototype will be evaluated on four dimensions: user-friendliness, student motivation and engagement, design and layout, and the degree to which the tool supports drawing development. During the pilot phase, a researcher will be present at all times to ensure that potential flaws in the concept are identified early. After the pilot phase, the concept will be refined based on feedback and data, resulting in an updated version of the tool.

19.3.2 Evaluation phase

The second phase is the evaluation phase. In this phase, ten schools across the country will consistently use the updated version of Studio Schets during a full O&O project. Throughout this period, teachers will collect feedback on how and whether students use the tool. This phase will provide insight into the effects of using Studio Schets as a communicative drawing tool on project outcomes in O&O education. After this phase, further improvements will be made to both the tool and the workshop, particularly regarding the level of teacher support required during projects.

19.3.3 Scaling phase

The third phase is the scaling phase. In this phase, the updated version of Studio Schets will be integrated into the educational programmes of all schools willing to adopt the tool. It is expected that schools will be more open to implementation at this stage, as drawing will become part of the official O&O exam programme starting in 2027. The focus in this phase will be on making the tool accessible, available, and attractive to as many schools as possible.

19.3.4 Embedding phase

The final phase is the embedding phase. This phase focuses on long-term use of Studio Schets. Schools that have used the tool will be asked to complete a survey reflecting on how, when, and why they use or have stopped using Studio Schets. These responses will provide insight into the long-term effects of the tool on students' drawing skills and project outcomes, as well as its sustained desirability after repeated use. Based on this feedback, a second version of Studio Schets will be developed.

19.4 Roles and stakeholders

Several stakeholders are involved in the implementation of the three elements, making it a complex multi-level process.

- **Students:** The success of Studio Schets depends on how students interact with the tool. Their main role is to provide feedback after using it. This feedback will be used to improve the tool after each implementation phase, ultimately leading to an updated version of Studio Schets.
- **Teachers:** Teachers play multiple roles throughout the implementation process. Their first responsibility is to integrate Studio Schets into their regular teaching

practice so that students can use it effectively. Proper implementation is essential to avoid misinterpretation of collected feedback. Teachers are also responsible for supporting feedback collection. Although structured forms will be provided, the quality of feedback depends on teacher involvement. In addition, teachers are expected to critically reflect on the tool, provide feedback to the development team, and evaluate how they integrate and support Studio Schets in their lessons. Beyond this indirect contribution through students, teachers are also directly involved through participation in the workshop, where they provide feedback on both the tool and the workshop itself. A key question in this process is how the workshop can be designed to encourage sustained and structural use of Studio Schets in teaching practice.

- **Technators:** Technators are responsible for maintaining quality assurance and overseeing the integration of the tool into lessons. They also act as intermediaries between the development team and teachers implementing the tool. To support this role, they will receive the advisory report, which explains the underlying rationale for using a sketching tool within O&O education.
- **Teacher training institutions**: These institutions are asked to introduce Studio Schets as a communicative sketching tool within O&O education. The workshop will also be delivered to new teachers. In addition, they can provide feedback on both the tool and the workshop.
- **Stichting Technasium:** Stichting Technasium is mainly responsible for communicating the existence of Studio Schets to Technasium schools across the Netherlands. They will also receive the advisory report. As the central coordinating organisation, it is important that they understand the rationale behind the tool and support its communication and dissemination.
- **Wetenschapsknooppunt TU Delft:** This organisation will further develop Studio Schets and will serve as the central point for collected feedback. They are responsible for ensuring that feedback is regularly collected and shared between all involved schools and organisations, and that outgoing information is properly communicated to stakeholders.

19.5 Risks and challenges

The first challenge concerns time pressure within O&O lessons. Teachers often work within tight schedules and may struggle to incorporate new activities into existing projects. To mitigate this, Studio Schets has been designed to integrate directly into existing project workflows rather than functioning as an additional task. The workshop also provides practical strategies for efficient implementation within lesson structures. Another challenge is user resistance from both teachers and students. Some teachers may be hesitant to change established teaching practices, while students who lack confidence in drawing may be reluctant to engage with the tool. To address this, the workshop emphasises that drawing is primarily a communication and thinking tool rather than an artistic skill. In addition, examples from pilot studies and early successes will be used to demonstrate its educational value. A further risk is that long-term adoption may fail if schools do not perceive clear benefits. To address this, continuous evaluation will be carried out across all phases. Feedback from students, teachers, technators, and other stakeholders will be used to improve both the tool and the workshop. Research findings will be shared after each phase to maintain transparency and engagement. By following an iterative development process and actively involving stakeholders, the likelihood of sustainable implementation is increased. Another potential challenge is declining student motivation after prolonged use. Students may begin to perceive the tool as repetitive or unnecessary once they become familiar with it, which could reduce engagement and lead to inconsistent use. To mitigate this, long-term user feedback will be collected during the embedding phase. Based on this feedback, future versions of Studio Schets may include new exercises, alternative formats, or increased levels of challenge to maintain engagement.

19.6 Evaluation and iteration

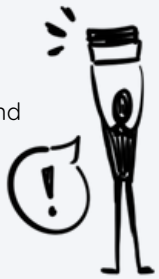
The success of the implementation will be evaluated using a combination of qualitative and quantitative data. Feedback will be collected from students and teachers through structured questionnaires, reflection forms, and interviews to assess usability, engagement, and educational value. In addition, classroom observations will provide insight into how the tool is used in practice, while usage data from Studio Schets will offer information on frequency and depth of use across classes and schools.

The implementation will be considered successful when multiple schools across all Technasium networks in the Netherlands consistently use the tool during at least one O&O project per class. This benchmark indicates that Studio Schets is not only adopted in pilot settings, but has become meaningfully integrated into regular educational practice.

Feedback processing

1

V1

	Pilot Phase	Evaluation Phase
WHAT? What happens in this phase?	Small-scale testing of Studio Schets in selected classes (Havo/VWO 1–3). Focus on identifying usability issues and validating the concept. 	Structured use of the updated tool in ~10 schools during one full O&O project. Focus on impact and classroom integration. 
WHO? What stakeholders are involved in this phase	Students, teachers, researcher present in class, selected schools across regions. Close observation and direct support.	Students, teachers, technators, TU Delft partner. Teachers implement independently with guided feedback collection.
Feedback collection	Usability, engagement, design clarity, and learning support. Qualitative observations + direct feedback during use. 	Structured teacher feedback, student reflections, usage patterns, and learning outcomes. 
Risks & Challenges	Technical issues, unclear instructions, unfamiliarity with tool, limited classroom time, researcher influence on behaviour.	Inconsistent implementation between schools, varying teacher involvement, data quality differences.

Pilot phase: 3 months — Evaluation Phase: 4 months

Sept '26
START
Implementation plan

Sept - Nov 2026

Dec - March 2027

Feedback processing

2

Feedback processing

3

V2

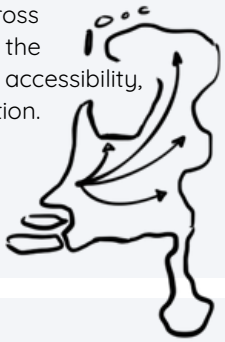
Scaling Phase	Embedding Phase
Large-scale rollout across Technasium schools in the Netherlands. Focus on accessibility, adoption, and distribution. 	Long-term use and consolidation of Studio Schets in school practice. Focus on sustainability and continuous improvement. 
All Technasium schools, Stichting Technasium, teacher training institutions. Focus on dissemination and support.	Schools using the tool, Stichting Technasium, TU Delft. Less direct involvement, more network coordination and feedback cycles.
Adoption rates, implementation barriers, teacher experiences, accessibility feedback. 	Long-term usage data, reasons for continued use or drop-out, impact on drawing skills and project outcomes. 
Resistance to adoption, logistical scaling issues, unequal access between schools, training capacity limits.	Decline in motivation, tool becoming “standard” and less engaging, reduced feedback response rate, sustainability of updates.
Scaling Phase: 3 months	Embedding phase: 1 Schoolyear
April - July 2027	Sept 2027 - July 2028

Figure 113 | Implementation strategy visual

20

Discussion

This discussion chapter reflects on the development, evaluation, and final outcomes of Studio Schets as a design solution within the O&O educational context. It critically examines how the concept performs in relation to its intended goals and identifies key considerations for its further development and implementation.
The chapter addresses several main topics. First, it discusses the testing of Studio Schets, including insights from earlier user testing and the limitations of evaluating the final prototype. Second, it reflects on the expected long-term usage of the tool and the risks related to sustained implementation in classrooms. Third, it considers production and implementation costs, including the question of who should be responsible for funding the concept. Finally, it reflects on a possible misalignment with the initial brainstorm phase of the design cycle, particularly regarding the time required for the step-by-step structure of the tool.
Together, these points provide a critical evaluation of Studio Schets and highlight important points for its future improvement and implementation.

20.1 Testing Studio Schets

A crucial aspect in evaluating Studio Schets is the testing of the final prototype in a real educational setting. Although DRWCRDS has been evaluated through user feedback, the final version (Studio Schets) has been systematically tested within its intended context. However, contextual factors influenced the test results, making it difficult to derive reliable conclusions from the results of the test.

In the future, the prototype should be tested in different school, in different projects., and in different months in the schoolyear. This would allow for a more reliable assessment of how students and teachers interact with the tool in practice. Attention should be given to student engagement, the development of communicative drawing skills (over time), and the extent to which the tool can be used in different phases of one design- or research project.

In addition, structured data collection should be included in the testing phase, such as pre- and post-measurements of student confidence in drawing, qualitative feedback from both students and teachers, and observation of how the tool is integrated into different stages of the design process. This would provide a more evidence-based evaluation of its educational impact.
Ultimately, testing of the final prototype is essential to validate the assumptions made during the design process and to determine whether Studio Schets achieves its intended goals in practice.

20.2 Long-term usage

As mentioned earlier, the long-term effects of the tool are still unclear. Even though Studio Schets lowers the threshold to start drawing, it is not guaranteed that students will continue using it after the initial novelty wears off. During the user test, several students indicated that they would not necessarily want to use DRWCRDS again in O&O lessons. If there is too much resistance towards the tool from either teachers or students, this becomes a risk. Without continuous reinforcement of Studio Schets within the curriculum, the tool may be used less frequently over time, which would reduce its intended impact on the development of drawing skills.
Although the tool can reduce teacher workload, its long-term success still depends on how consistently teachers integrate it into their lessons. This is an important factor that strongly influences the effectiveness of the tool. Therefore, it is important that teacher training programmes include clear information about the importance of drawing and how it can be applied in O&O education. Stichting Technasium should actively encourage teachers to include drawing in their teaching practice, while also making it clear that Studio Schets helps to lower the barriers to do so.

20.3 Production and implementation costs

A key consideration for the implementation of Studio Schets is the question of financial responsibility, specifically which stakeholder should fund the production and distribution of the tool. As the concept is intended for use within O&O education, multiple potential funding sources can be identified, each with different implications for scalability, ownership, and long-term sustainability.
One possible funding route is Stichting Technasium, as the organisation is directly responsible for the development and quality assurance of O&O education. In this scenario, central funding would ensure a consistent national implementation of Studio Schets across participating schools. This would support equal access and uniform use of the tool, but it would also require structural budget allocation and long-term commitment from the organisation. A second option is funding through educational or research-oriented organisations, such as Wetenschapsknooppunt Delft. These institutions support innovation in science education and could view Studio Schets as a valuable didactic intervention. External funding of this kind would be particularly suitable for further development, testing, and scaling phases of the concept. A third possibility is that individual schools finance the tool themselves. This approach offers the highest degree of flexibility, as schools can decide independently whether and how to implement Studio Schets within their curriculum. It also reduces dependence on central funding bodies.
Overall, the most sustainable approach may involve a combination of these
funding structures. Initial development and validation could be supported by research-based funding, while long-term implementation could be facilitated through Stichting Technasium or school-level investment.

20.4 Brainstorm-phase allignment

Originally, DRWCRDS was designed as a tool that could be used and differentiated based on the design phase the student was in at that moment. This meant that in the brainstorming phase, students would only quickly go through the outside of the cards, while in the presentation phase both the inside and outside could be used for additional tips.

However, during testing it became clear that students needed a lot of time to go through all the steps and that they had to read a considerable amount of text on the inside of the cards. On average, students took about 20 minutes to make one drawing, while ideally the brainstorming phase should take no more than one minute.

For this reason, Studio Schets was developed with less text and fewer steps. As a result, the tool has become less differentiable: it no longer distinguishes between different design phases. The packaging also does not explicitly state for which phase Studio Schets is intended. It does, however, indicate approximately how long it takes to make one drawing.

During the transition to Studio Schets, the decision was made to focus on creating presentation drawings. This means the tool is no longer suitable for use during the brainstorming phase. Although this is still possible in theory, by quickly going through only the steps on the outside, the tool was not designed for this, and this way of working requires additional teacher instruction and student practice.

21

Conclusion

The research question of this thesis was:
"What role does drawing play as a cognitive and design tool in science and engineering education, and how can it be effectively implemented to support learning, reasoning, and communication in science and engineering contexts?"

This research question can be divided into two parts: a research-oriented component and a design-oriented component.

What role does drawing play as a cognitive and design tool in science and engineering education?

The literature review and empirical research demonstrated that drawing plays an important role in science and engineering education as a cognitive, learning, and communication tool. It helps students externalise ideas, reduce cognitive load, improve problem-solving, and support iterative design processes. Drawing also strengthens visual literacy, which is essential for understanding and communicating scientific and engineering concepts.
In science and engineering contexts, drawing supports all phases of the design process, including research, ideation, and development, by helping students organise information, generate ideas, and communicate solutions. However, its use within the case-study context of O&O education remains limited due to a lack of skills, confidence, instruction, curriculum integration, and the increasing reliance on digital tools.

How can drawing be effectively implemented to support learning, reasoning, and communication in science and engineering educational contexts?

To answer this question, the scope of the research was narrowed to O&O education. The findings indicate that drawing should be structurally integrated into the O&O curriculum through clear learning objectives, targeted instruction, regular

opportunities for practice, and teacher support. Drawing should be presented as a learnable and essential design skill rather than an artistic talent, enabling students to use it confidently to support learning, reasoning, and communication.
The implementation plan developed in this study provides a practical approach for integrating drawing into O&O education at three organisational levels. The plan consists of a student tool (Studio Schets), a workshop, and an advisory report. Together, these interventions aim to support students, teachers, and schools in embedding drawing more effectively within the design process.

The student tool was tested in an educational setting and yielded the following results: The test showed that the base structure of Studio Schets works well. The students understood the tool well and applied the steps correctly to their drawing process. However, the example cards were barely used by the students.

22

Recommandations

22.1 Recommended alterations Studio Schets

tThe test with Studio Schets has shown that students do not really use the example cards when they get stuck. This suggests that the concept may need some adjustments. There are several ways to better align the cards with their intended purpose.

First, the format of the concept might need to change. The cards were used more often when they were placed directly on the table, and some students did pick them up. However, when they were kept in a box, students tended to forget about them and focused mainly on the steps shown on the box itself. One possible solution could be to only give students the stacks of cards instead of using a box. Since the steps are also written on the front of each set, students would need to physically handle the cards when moving through the steps (which is one of the positive aspects of the DRWCRDS concept). Having the cards in their hands might also encourage them to actually look at the tips and examples more often.

Another option is to involve the teacher more actively by making the cards primarily a tool for the teacher rather than for the students. The teacher could use the cards to give feedback and tips during the drawing process. This would allow students to focus on their drawing, while the teacher provides the more critical guidance.

A final option is to keep the concept as it is but place more emphasis on the importance and use of the cards during the teacher workshop. If teachers fully understand the value of the cards, they can encourage students to use them more actively. The way teachers introduce and guide the use of the tool plays a big role in how students engage with it. In general, most students are unlikely to take the initiative to consult the example cards on their own.

22.2 Strategic implementation and further testing

It is recommended that the implementation of Studio Schets follows the phased strategy described in this report. Introducing the tool gradually through pilot testing,

evaluation, scaling, and embedding allows for continuous improvement based on real classroom experiences and stakeholder feedback. Particular attention should be given to teacher support, as successful implementation largely depends on how the tool is integrated into O&O lessons. Therefore, the accompanying workshop should be considered an essential component rather than an optional addition.
Furthermore, it is recommended that feedback collection and evaluation remain a continuous process throughout implementation to improve the initial version of Studio Schets. Regular communication of findings and improvements to stakeholders can increase engagement, ownership, and long-term adoption. Finally, future development should focus on maintaining the relevance and attractiveness of Studio Schets for both teachers and students, ensuring that the tool continues to support drawing as a valuable communication and design skill within O&O education.

22.3 Allignment with the brainstorm-phase

Following the adaptations made to DRWCRDS, an important aspect of the original concept was lost. The tool is no longer suitable for use during the brainstorming phase of the design process. This is mainly because completing all five steps requires too much time. During brainstorming, students need to be able to sketch and communicate ideas within a minute, or sometimes even less. As a result, the current version of the tool is better suited to later stages of the design process, where ideas are further developed and communicated in more detail.
It is therefore recommended to develop an additional tool specifically tailored to the brainstorming stage. During interviews, teachers indicated that they currently do not provide students with dedicated tools or structured methods for visual brainstorming. As a result, the creative process often stagnates, and students tend to settle on obvious or conventional solutions. Based on these findings, this report recommends the development of a brainstorming video that guides students through an intensive ideation session. Such a video could introduce effective brainstorming techniques while incorporating timed exercises to encourage rapid idea generation. By limiting the time students spend on each idea, the video would help maintain momentum, stimulate creativity, and support the generation of a wider range of design concepts.

22.4 Extension of Studio Schets to Other Educational Levels

It is recommended to explore adapted versions of Studio Schets for both primary education and higher education, as the current design is primarily tailored to science and engineering education in secondary schools. Expanding the tool to other educational levels could strengthen its overall educational impact and support the development of visual communication skills across a broader learning continuum.
For primary education, a simplified version of Studio Schets could be developed with a strong focus on exploration, creativity, and visual expression. At this level, the tool should prioritise intuitive use and playful engagement, allowing pupils to communicate ideas without technical barriers. The emphasis should be on encouraging visual thinking and confidence in drawing as a natural form of communication.
For higher education, a more advanced version could be developed that aligns with the increased complexity of design, engineering, and research-based disciplines. This version could include more structured frameworks for visual communication, integration with digital design tools, and support for iterative design processes. It should build on the foundational skills developed in secondary education and support students in applying visual thinking in professional and academic contexts.
Adapting Studio Schets to these different educational levels would ensure continuity in the development of drawing and visual communication skills, while also increasing the long-term relevance and scalability of the concept.

References

A

Abraham, A. (2014). Creative thinking as orchestrated by semantic processing vs. cognitive control brain networks. Frontiers in Human Neuroscience, 8, 95. https://doi.org/10.3389/fnhum.2014.00095

Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021). STEM vs. STEAM Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review. Education Sciences, 11(7), 331. https://doi.org/10.3390/educsci11070331

Ambrose, G., & Harris, P. (2010). Basics Design 08: Design thinking. AVA Publishing.

Anning, A. (1999). Learning to Draw and Drawing to Learn. Journal Of Art & Design Education, 18(2), 163–172. https://doi.org/10.1111/1468-5949.00170

Avci, H., Baams, L., & Kretschmer, T. (2024). A Systematic Review of Social Media Use and Adolescent Identity Development. Adolescent Research Review, 10(2), 219–236. https://doi.org/10.1007/s40894-024-00251-1

B

Bernreuter, R. G., & Mead, M. (1929). Coming of Age in Samoa. The American Journal Of Psychology, 41(3), 489. https://doi.org/10.2307/1414698

Blos, P. (1979). The Adolescent Passage: Developmental issues.

Booth, J. W., Taborda, E. A., Ramani, K., & Reid, T. (2015). Interventions for teaching sketching skills and reducing inhibition for novice engineering designers. Design Studies, 43, 1–23. https://doi.org/10.1016/j.destud.2015.11.002

Botta, M., Autuori, A., Terenghi, G., & Subet, M. (2024). A Design-Stage-Oriented framework to introduce artificial intelligence and machine learning in design education. Proceedings of DRS. https://doi.org/10.21606/drs.2024.535

Brun, J., Masson, P. L., & Weil, B. (2016). Designing with sketches: the generative effects of knowledge preordering. Design Science, 2. https://doi.org/10.1017/dsj.2016.13

Camba, J. D., Kimbrough, M., & Kwon, E. (2018). Conceptual product design in digital and traditional sketching environments: a comparative exploratory study. J Of Design Research, 16(2), 131. https://doi.org/10.1504/jdr.2018.092810

C

Çelik, O. (2024). Academic motivation in adolescents: the role of parental autonomy support, psychological needs satisfaction and self-control. Frontiers in Psychology, 15, 1384695. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1384695

Chamberlain, R., & Wagemans, J. (2016). The genesis of errors in drawing. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 65, 195–207. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.04.002

Choudhury, M. M., Eisenbart, B., & Kuys, B. (2025). Artificial intelligence (AI) in the design process – a review and analysis on generative AI perspectives. Proceedings Of The Design Society, 5, 631–640. https://doi.org/10.1017/pds.2025.10077

Chu, P. Y., Hung, H. Y., Wu, C. F., & Liu, Y. T. (2015). Effects of various sketching tools on visual thinking in idea development. International Journal Of Technology And Design Education, 27(2), 291–306. https://doi.org/10.1007/s10798-015-9349-5

Cijfers over mediagebruik | Nederlands Jeugdinstituut. (2025b, augustus 20). https://www.nji.nl/databanken/cijfers/cijfers-over-mediagebruik?

Company, P., Contero, M., Varley, P., Aleixos, N., & Naya, F. (2009). Computer-aided sketching as a tool to promote innovation in the new product development process. Computers in Industry, 60(8), 592-603. https://doi.org/10.1016/j.compind.2009.05.018

Cox, M. V. (2013). Children's drawings of the human figure. Psychology Press.

Cromley, J. G., Du, Y., & Dane, A. P. (2019). Drawing-to-Learn: Does Meta-Analysis Show Differences Between Technology-Based Drawing and Paper-and-Pencil Drawing? Journal Of Science Education And Technology, 29(2), 216–229. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09807-6

Cross, N. (2011). Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work. In Open Research Online (The Open University).

D

Dechamps, T., & Skulmowski, A. (2025). The Effective Design of Tasks Involving Learning by Drawing: Current Trends and Methodological Progress in Research on Drawing to Learn. Educational Psychology Review, 37(2). https://doi.org/10.1007/s10648-025-10026-2

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

Di Giovanni, M. (2024). Challenges and Research Trends for Drawing Ability in Design Education: A Literature Review. SPACE International Journal Of Conference Proceedings, 4(1). https://doi.org/10.51596/sijocp.v4i1

Donnici, G., Galiè, G., & Frizziero, L. (2025). Rethinking Sketching: Integrating Hand Drawings, Digital Tools, and AI in Modern Design. Designs, 9(5), 119. https://doi.org/10.3390/designs9050119

Dweck, C. S. (2006). Mindset: The new psychology of success. Random house.

E

Edwards, B. (2012). Drawing on the Right Side of the Brain: The Definitive, 4th Edition. Penguin.

Eppinger, S., & Ulrich, K. (2011). Product Design and Development. McGraw-Hill Education.

Eisner, E. W. (1996). Cognition and curriculum reconsidered. Sage.

Erro, A. M., Muneta, M. L. M., & Sevillano, Á. A. R. (2024). Exploring Freehand Drawing Skills of Engineering Students as a Support of Visualization. Education Sciences, 14(6), 641. https://doi.org/10.3390/educsci14060641

F

Fan, J. E., Bainbridge, W. A., Chamberlain, R., & Wammes, J. D. (2023). Drawing as a versatile cognitive tool. Nature Reviews Psychology, 2(9), 556–568. https://doi.org/10.1038/s44159-023-00212-w

Fan, J. E., Hawkins, R. D., Wu, M., & Goodman, N. D. (2019). Pragmatic Inference and Visual Abstraction Enable Contextual Flexibility During Visual Communication. Computational Brain & Behavior, 3(1), 86–101. https://doi.org/10.1007/s42113-019-00058-7

Fava, M. (2019). A decline in drawing ability? International Journal Of Art & Design Education, 39(2), 319–332. https://doi.org/10.1111/jade.12255

Fiorella, L., & Zhang, Q. (2018). Drawing Boundary Conditions for Learning by Drawing. Educational Psychology Review, 30(3), 1115–1137. https://doi.org/10.1007/s10648-018-9444-8

Forbus, K., Usher, J., Lovett, A., Lockwood, K., & Wetzel, J. (2011). CogSketch: Sketch Understanding for Cognitive Science Research and for Education. Topics in Cognitive Science, 3(4), 648–666. https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2011.01149.x

Force, V. L. S. T. (2012). Visual literacy competency standards for higher education: Approved by the ACRL Board of Directors, October 2011. College & Research Libraries News, 73(2), 97–104. https://doi.org/10.5860/crln.73.2.8709

Freud, S. (1905). Three Essays on the Theory of Sexuality. In Medical Entomology and Zoology. https://ci.nii.ac.jp/naid/10024579215

G

Ge, P. (2024). A systematic review of the role of AI artificial intelligence in design education. In DS 131: Proceedings of the International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2024) (pp. 103-108).

Goldschmidt, G. (1991). The dialectics of sketching. Creativity Research Journal, 4(2), 123–143. https://doi.org/10.1080/10400419109534381

Golomb, C. (2003). The child's creation of a pictorial world. Psychology Press.

Gosetti-Ferencei, J. (2023). Imagination: A very short introduction. https://doi.org/10.1093/actrade/9780198830023.001.0001

Guilford, J. P. (1950). Creativity. American Psychologist, 5(9), 444–454. https://doi.org/10.1037/h0063487

Güney, Z. (2019). Visual literacy and visualization in instructional design and technology for learning environments. European Journal of Contemporary Education, 8(1), 103-117.

H

Häggman, A., Tsai, G., Elsen, C., Honda, T., & Yang, M. C. (2015). Connections Between the Design Tool, Design Attributes, and User Preferences in Early Stage Design. Journal Of Mechanical Design, 137(7). https://doi.org/10.1115/1.4030181

Hanci, H. (2022). Investigation of High School Students' Visual Literacy Levels. International Journal Of Research in Education And Science, 8(3), 611–625. https://doi.org/10.46328/ijres.2980

Heideman, P. D., Flores, K. A., Sevier, L. M., & Trouton, K. E. (2017). Effectiveness and Adoption of a Drawing-to-Learn Study Tool for Recall and Problem Solving: Minute Sketches with Folded Lists. CBE—Life Sciences Education, 16(2), ar28. https://doi.org/10.1187/cbe.16-03-0116

Hilton, E., Li, W., Newton, S. H., Alemdar, M., Pucha, R., & Linsey, J. (2016, August). The development and effects of teaching perspective free-free-hand sketching in engineering design. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 50138, p. V003T04A013). American Society of Mechanical Engineers.

Huang, J., Shen, G., & Ren, X. (2021). Connotation Analysis and Paradigm Shift of Teaching Design under Artificial Intelligence Technology. International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 16(05), 73. https://doi.org/10.3991/ijet.v16i05.20287

I

Ibrahim, R., & Rahimian, F. P. (2010). Comparison of CAD and manual sketching tools for teaching architectural design. Automation in Construction, 19(8), 978–987. https://doi.org/10.1016/j.autcon.2010.09.003

Irwin, T., Tonkinwise, C., & Kossoff, G. (2020). Transition Design: An Educational Framework for Advancing the Study and Design of Sustainable Transitions. Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño Y Comunicación, 105. https://doi.org/10.18682/cdc.vi105.4188

K

Kantrowitz, A. (2022). Drawing thought: How drawing helps us observe, discover, and invent. MIT Press.

Kelley, T. R., & Sung, E. (2017). Sketching by design: Teaching sketching to young learners. International Journal of Technology and Design Education, 27(3), 363-386.

Klapwijk, R., & Holla, E. (2018). Leidraad Onderzoekend en ontwerpend leren. In https://www.wetenschapsknooppuntzh.nl/activiteiten/leidraad-onderzoekend-en-ontwerpend-leren/. Wetenschapsknooppunt Zuid-Holland. https://www.wetenschapsknooppuntzh.nl/uploads/Leidraad-onderzoekend-en-ontwerpend-leren-Wetenschapsknooppunt-ZH-2018-1.pdf

Klein, M. (2019). Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness. Sociologicky Casopis, 55(3), 412-413.

L

Lawson, B. (1980). How designers think.

Li (2023). Frontiers in Art Research, 5(5). https://doi.org/10.25236/far.2023.050508

Lyon, P., Letschka, P., Ainsworth, T., & Haq, I. (2016b). Drawing Pedagogies in Higher Education: the Learning Impact of a Collaborative Cross-disciplinary Drawing Course. International Journal Of Art & Design Education, 37(2), 221–232. https://doi.org/10.1111/jade.12106

M

Matusiak, K., Heinbach, C., Harper, A., & Bovee, M. (2019). Visual Literacy in Practice: Use of Images in Students' Academic Work. College & Research Libraries, 80(1), 123–139. https://doi.org/10.5860/crl.80.1.123

McTigue, E. M., & Croix, A. (2010). Visual Literacy in Science. Science Scope, 33(9), 17–22. https://eric.ed.gov/?id=EJ888290

Miller, P. H. (1989). Theories of Adolescent Development. In Elsevier eBooks (pp. 13–46). https://doi.org/10.1016/b978-0-08-088582-7.50007-7

Mmari, K., Cooper, D., Moreau, C., Koenig, L., Martinez, M., Mafuta, E., Kayembe, P., De Meyer, S., Michielson, K., Yu, C., Zuo, X., & Blum, R. W. (2021). The Social Context of Early Adolescents in the Global Early Adolescent Study. Journal Of Adolescent Health, 69(1), S5–S15. https://doi.org/10.1016/j.jadohealth.2021.01.024

Moroni, S., & Lorini, G. (2020). Multiple functions of drawings. Journal Of Urban Design, 26(3), 374–394. https://doi.org/10.1080/13574809.2020.1801341

Moshman, D. (2011). Adolescents and Their Teenage Brains. Human Development, 54(4), 201–203. https://doi.org/10.1159/000330300

N

Naik, V. S., Mathias, E. G., Krishnan, P., & Jagannath, V. (2025). Impact of social media on cognitive development of children and young adults: a systematic review. BMC Pediatrics, 25(1), 826. https://doi.org/10.1186/s12887-025-06041-5

Newton, W., Thompson, J., Dorrington, P., Mann, R., Harrison, W., & Morgan, B. (2024). MASTERING CREATIVITY: THE POWER OF SKETCHING IN ENGINEERING. EDULEARN Proceedings, 1, 6486. https://doi.org/10.21125/edulearn.2024.1534

O

Onderwijs- en examenregeling (OER) 2014-2015. (2014). In Faculteit Industrieel Ontwerpen, Bacheloropleiding Industrieel Ontwerpen. Technische Universiteit Delft. https://filelist.tudelft.nl/Studentenportal/Faculteitspecifiek/IO/Praktische%20zaken/Regulations/20180814%20BSc_IO_2014-2015_OER_UR_RRvE_15aug2014.pdf

Onderwijs- en Examenregeling (OER) 2025-2026 (Door Faculteit Industrieel Ontwerpen). (2025). https://filelist.tudelft.nl/Studentenportal/Faculteitspecifiek/IO/BSc%20IO%20OER%20en%20RRvE%202025-2026.pdf

Orthel, B. D., & Day, J. K. (2016). Processing beyond drawing: a case study exploring ideation for teaching design. Sage Open, 6(3), 2158244016663285.

Oti, A., & Crilly, N. (2020). Immersive 3D sketching tools: Implications for visual thinking and communication. Computers & Graphics, 94, 111–123. https://doi.org/10.1016/j.cag.2020.10.007

P

Parsons, M. J. (1987). How we understand art: A cognitive developmental account of aesthetic experience. Cambridge University Press.

Parsons, M. J., & Gardner, H. (1981). Artful Scribbles: The Significance of Children's Drawings. Journal Of Aesthetics And Art Criticism, 39(4), 464. https://doi.org/10.2307/430250

Payne, R. (2022). Drawing social worlds: a methodological examination of children's artworks. Qualitative Research, 23(4), 1093–1111. https://doi.org/10.1177/14687941211052273

Pearson, J. (2019). The human imagination: the cognitive neuroscience of visual mental imagery. Nature reviews neuroscience, 20(10), 624-634.

Piaget, J. (1977). The Moral Judgement of the Child. In Medical Entomology and Zoology. https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA00991860

Piccerillo, L., & Digennaro, S. (2024). Adolescent Social Media Use and Emotional Intelligence: A Systematic Review. Adolescent Research Review, 10(2), 201–218. https://doi.org/10.1007/s40894-024-00245-z

Povinelli, M. J. (2025, June). Integrating Visual Thinking into Design Education. In 2025 ASEE Annual Conference & Exposition.

Q

Quillin, K., & Thomas, S. (2015). Drawing-to-Learn: A Framework for Using Drawings to Promote Model-Based Reasoning in Biology. CBE—Life Sciences Education, 14(1), es2. https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128

R

Raffaelli, Q., Wilcox, R., & Andrews-Hanna, J. (2020). 21 The Neuroscience of Imaginative Thought: An Integrative Framework. The Cambridge handbook of the imagination, 332.

Ranscombe, C., & Bissett-Johnson, K. (2016). Digital Sketch Modelling: Integrating digital sketching as a transition between sketching and CAD in Industrial Design Education. Proceedings Of DRS. https://doi.org/10.21606/drs.2016.69

Reeve, J., Basarkod, G., Jang, H., Gargurevich, R., Jang, H., & Cheon, S. H. (2025). Specialized Purpose of Each Type of Student Engagement: A Meta-Analysis. Educational Psychology Review, 37(1). https://doi.org/10.1007/s10648-025-09989-z

Riley, H. (2017). Drawing as Driver of Creativity: Nurturing an Intelligence of Seeing in Art Students. International Journal Of Art & Design Education, 36(3), 273–280. https://doi.org/10.1111/jade.12157

Roberts, A., & Riley, H. (2013). Drawing and emerging research: The acquisition of experiential knowledge through drawing as a methodological strategy. Arts And Humanities in Higher Education, 13(3), 292–302. https://doi.org/10.1177/1474022213514559

Robertson, B. F., & Radcliffe, D. F. (2009). Impact of CAD tools on creative problem solving in engineering design. Computer-aided design, 41(3), 136-146. https://doi.org/10.1016/j.cad.2008.06.007

Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. Creativity Research Journal, 24(1), 92–96. https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092

S

Safai, A., Katz, J. S., Bondy, B., & Deshpande, G. (2025). Neural insights into observational drawing: A longitudinal resting state functional connectivity study using 7 t MRI. Brain And Cognition, 192, 106376. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2025.106376

Salmela-Aro, K., Tang, X., Symonds, J., & Upadyaya, K. (2021). Student Engagement in Adolescence: A Scoping Review of Longitudinal Studies 2010–2020. Journal Of Research On Adolescence, 31(2), 256–272. https://doi.org/10.1111/jora.12619

Samaniego, M., Usca, N., Salguero, J., & Quevedo, W. (2024). Creative Thinking in Art and Design Education: A Systematic Review. Education Sciences, 14(2), 192. https://doi.org/10.3390/educsci14020192

Saritepeci, M., & Durak, H. Y. (2024). Effectiveness of artificial intelligence integration in design-based learning on design thinking mindset, creative and reflective thinking skills: An experimental study. Education And Information Technologies, 29(18), 25175–25209. https://doi.org/10.1007/s10639-024-12829-2

Schalk, H., Bruning, L., Frank Helmer, Willy Reinalda, Boris Wanders, & Wilco Zwennis. (2014). Handreiking schoolexamen Onderzoek & ontwerpen havo/vwo. In SLO nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling, Handreikingen tweede fase. SLO (nationaal expertisecentrum leerplanontwikkeling).

Schmidt, L. C., Hernandez, N. V., & Ruocco, A. L. (2012). Research on encouraging sketching in engineering design. Artificial Intelligence For Engineering Design Analysis And Manufacturing, 26(3), 303–315. https://doi.org/10.1017/s0890060412000169

Schön, D. A. (2017). The reflective practitioner: How professionals think in action. Routledge. https://doi.org/10.4324/9781315237473

Schweder, S., & Raufelder, D. (2021). Needs satisfaction and motivation among adolescent boys and girls during self-directed learning intervention☆. Journal Of Adolescence, 88(1), 1–13.https://doi.org/10.1016/j.adolescence.2021.01.007

Shao, Y., Feng, Y., Zhao, X., Liu, G., & Zhang, L. (2025). Teacher support and secondary school students' learning engagement: A moderated mediation model. Scientific Reports, 15(1), 2974. https://doi.org/10.1038/s41598-025-87366-0

Sim, Y., & Jung, E. C. (2025). Comparative analysis of hand and VR sketching: impact of immersion on Idea generation in product design education. International Journal Of Technology And Design Education, 36(2), 829–860. https://doi.org/10.1007/s10798-025-10023-0

SLO (2025). Conceptexamenprogramma O&O havo. SLO.

SLO (2025). Conceptexamenprogramma O&O - vwo. SLO.

Slot, N. W., & Van Aken, M. A. G. (2013). Psychologie van de adolescentie : basisboek. https://lib.ugent.be/nl/catalog/rug01:002077019

Sternberg, R. J., & Wagner, R. K. (1986). Practical intelligence : nature and origins of competence in the everyday world.

S**tichting Platform Bèta en Techniek, PricewaterhouseCoopers Accountants N.V., Van Bokkum, C., & Boots, B. (2021).** Jaarverslag 2020 Stichting Platform Bèta en Techniek (Door H. Busker & P. Fortuin).

Stokes, S. (2002). Visual literacy in teaching and learning: A literature perspective. Electronic Journal for the integration of Technology in Education, 1(1), 10-19.

Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In Psychology of learning and motivation (Vol. 55, pp. 37-76). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8

T

Technasiumscholen - Technasium. (2024, 30 oktober). Technasium. https://www.technasium.nl/technasiumscholen/

Teppo, M., Soobard, R., & Rannikmae, M. (2025). Predictors of Change in Intrinsic Motivation Factors on Adolescent Science Learning. Science Education International, 36(2), 117–126. https://doi.org/10.33828/sei.v36.i2.1

Tversky, B. (2002, March). What do sketches say about thinking. In 2002 AAAI Spring Symposium, Sketch Understanding Workshop, Stanford University, AAAI Technical Report SS-02-08 (Vol. 148, p. 151).

Tversky, B. (2013). Visualizing thought. In Handbook of human centric visualization (pp. 3-40). New York, NY: Springer New York.

U

Uziak, J., & Fang, N. (2017). Improving students' freefree-hand sketching skills in mechanical engineering curriculum. International Journal Of Mechanical Engineering Education, 46(3), 274–286. https://doi.org/10.1177/0306419017744156

V

Van Der Wal, A., Hoftijzer, J., & Haans, M. (2024). A framework for the agency of sketching. Proceedings Of DRS. https://doi.org/10.21606/drs.2024.806

Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The Promise and Practice of Learner-Generated Drawing: Literature Review and Synthesis. Educational Psychology Review, 17(4), 285–325. https://doi.org/10.1007/s10648-005-8136-3

Vossen, T. E., Henze, I., Rippe, R. C. A., Van Driel, J. H., & De Vries, M. J. (2019). Attitudes of Secondary School STEM Teachers towards Supervising Research and Design Activities. Research in Science Education, 51(S2), 891–911. https://doi.org/10.1007/s11165-019-9840-1

Vuletic, T., & Hay, T. (2025). Rethinking Sketching Education Practices. In DS 137: Proceedings of the International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2025) (pp. 517-522).

W

Wang, J., Kaufman, T., Mastrotheodoros, S., & Branje, S. (2025). Longitudinal associations between academic motivation and school-related stressors in adolescents transitioning to secondary school. Learning And Instruction, 98, 102144. https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2025.102144

Weaver, M. B., Hilton, E. C., & Linsey, J. (2024). Insights into designers' sketching: a study of predictors of sketching behavior in design. Design Science, 10, e26.

Winner, E. (1982). Invented worlds: The psychology of the arts. Harvard University Press.

Wu, J., Chen, C., & Chen, H. (2012). Comparison of Designer's Design Thinking Modes in Digital and Traditional Sketches. Proceedings Of DRS. https://doi.org/10.21606/drs.2012.152

Wu, S. P. W., & Rau, M. A. (2019). How students learn content in science, Technology, engineering, and mathematics (STEM) through drawing activities. Educational Psychology Review, 31(1), 87–120. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09467-3

Wu, S. P. W., Van Veen, B., & Rau, M. A. (2020). How drawing prompts can increase cognitive engagement in an active learning engineering course. Journal Of Engineering Education, 109(4), 723–742. https://doi.org/10.1002/jee.20354
Yakman, G. (2010). What is the point of STE@M? – A Brief Overview.

Y

Yang, M. C., & Cham, J. G. (2006). An Analysis of Sketching Skill and Its Role in Early Stage Engineering Design. Journal Of Mechanical Design, 129(5), 476–482. https://doi.org/10.1115/1.2712214

Appendix Content

Appendix A

1 Interview questions
2 Interview Answers

Appendix B

3 O&O Teacher pathway

Appendix C

4 Test materials DRWCRDS
5 Testrsults DRWCRDS
6 Test materials Studio Schets
7 Testresults Studio Schets
8 Learning Pathway
9 Manual DRWCRDS students
10 Manual DRWCRDS Teachers

Appendix D

11 Cards Studio Schets
12 Outside design Studio Schets
13 Workshop
14 Advisory Report
15 Poster Cards

APPENDIX A

Interviewvragen O&O-docenten

Mezelf even voorstellen en het onderzoek kort toelichten
Vragen om consent-form en transcriptie

1. Achtergrond van de docent
- Wat is uw professionele achtergrond? (Opleiding, vakgebied, eerdere werkervaring)
- Hoe lang geeft u al les in het vak O&O?
- Welke andere vakken geeft u eventueel naast O&O?

2. Algemene visie op tekenen
- Hoe kijkt u in het algemeen aan tegen tekenen als vaardigheid in het onderwijs?
- In welke situaties kan tekenen volgens u waardevol zijn voor leerlingen?

3. O&O onderwijs en lesopzet
- Hoe gestructureerd zijn uw O&O-lessen? Werkt u bijvoorbeeld met de ontwerpcyclus of een andere vaste structuur?
- Wat wilt u dat leerlingen vooral leren tijdens O&O?
- Waarin ondersteunt u leerlingen het meest tijdens O&O-lessen?
- Welke stap in het O&O-proces vinden leerlingen volgens u het moeilijkst?
- Welk onderdeel van O&O vinden leerlingen meestal het leukst? Waarom denkt u dat dat zo is?

4. Middelen en werkwijzen van leerlingen
- Welke middelen of vaardigheden gebruiken leerlingen het meest om ideeën te bedenken, te communiceren en uit te werken? (bijvoorbeeld: praten, schrijven, schetsen, digitale tools, modellen maken)
- Wat zegt deze manier van werken over de kwaliteit en kwantiteit van de ideeën die ze bedenken

5. Tekenen binnen O&O
- Kan je kort voor mij beschrijven hoe tekenen op dit moment wordt ingezet in jullie O&O lessen?
- Tekenen leerlingen wel eens tijdens uw O&O-lessen? Waarom wel of niet?
- Hoe kijkt u zelf aan tegen tekenen binnen het vak O&O?
- Waar is tekenen goed voor?
- Hoe denkt u dat uw leerlingen tegen tekenen aankijken binnen O&O?

6. Mogelijke rol van tekenen
- Wat zou volgens u de mogelijke toegevoegde waarde van tekenen kunnen zijn binnen O&O?
- Welke vormen van tekenen zouden volgens u het beste passen binnen O&O? Waarom?
- Hoe zou tekenen volgens u het best kunnen worden toegepast binnen O&O-lessen?
- In welke fasen van het ontwerp- of onderzoeksproces zou tekenen een rol kunnen spelen?

7. Implementatie en motivatie
- Wat zou er nodig zijn om leerlingen meer te stimuleren om tekenen te gebruiken binnen O&O?
- Wat zou docenten kunnen helpen om tekenen vaker te gebruiken in hun lessen?

8. Beoordeling
- Op welke manier zou een tekening volgens u waardevol kunnen zijn bij de beoordeling van het werk van leerlingen?
- Welke belemmeringen ziet u voor het gebruik van tekenen binnen O&O?
- Heb je wel eens nagedacht over een oplossing voor dit probleem? Wat zou voor jou een goede oplossing zijn?
- Stel dat er een eenvoudige tool zou zijn die leerlingen helpt om ideeën visueel te maken. In welke situaties zou zo'n tool volgens u nuttig kunnen zijn?
- Is er nog iets wat we niet hebben besproken maar wat volgens u belangrijk is als het gaat om tekenen binnen O&O?

Expert interview

- Kun je nog een keer kort toelichten wat je voor werk doet?
- Je bent veel in gesprek met (nieuwe) O&O docenten;
- Wordt er veel gebruik gemaakt van de ontwerp-cirkel
- Wat vind je van tekenen binnen O&O
- Wat zij jouw observaties wat betreft tekenen binnen O&O (hoe wordt het nu toegepast)
  - Moet het meer of minder worden toegepast – waarom?
  - Wat vinden docenten daarvan
  - Wat vinden leerlingen daarvan

- Welke belemmeringen ziet u voor het gebruik van tekenen binnen O&O?
- Hoe wordt tekenen besproken als skill binnen de leraren opleiding van O&O
- Hoe denk je dat tekenen een betekenisvolle rol zou kunnen spelen binnen o&O

Tekentool:

- Waarbij is de meeste ondersteuning nodig als het gaat om tekenen binnen O&O
- Hoe zouden docenten ondersteund kunnen worden tijdens O&O lessen als het gaat om tekenen
- Wat zou idealiter het effect zijn van een ondersteunende tekentool: wat zou de ideale uitkomst zijn
- Is er nog iets wat we niet hebben besproken maar wat volgens u belangrijk is als het gaat om tekenen binnen O&O?

Research results

This table show how many times the identified barriers have been named by the interviewees. Interviews were in Dutch, so reponds were coded in Dutch.

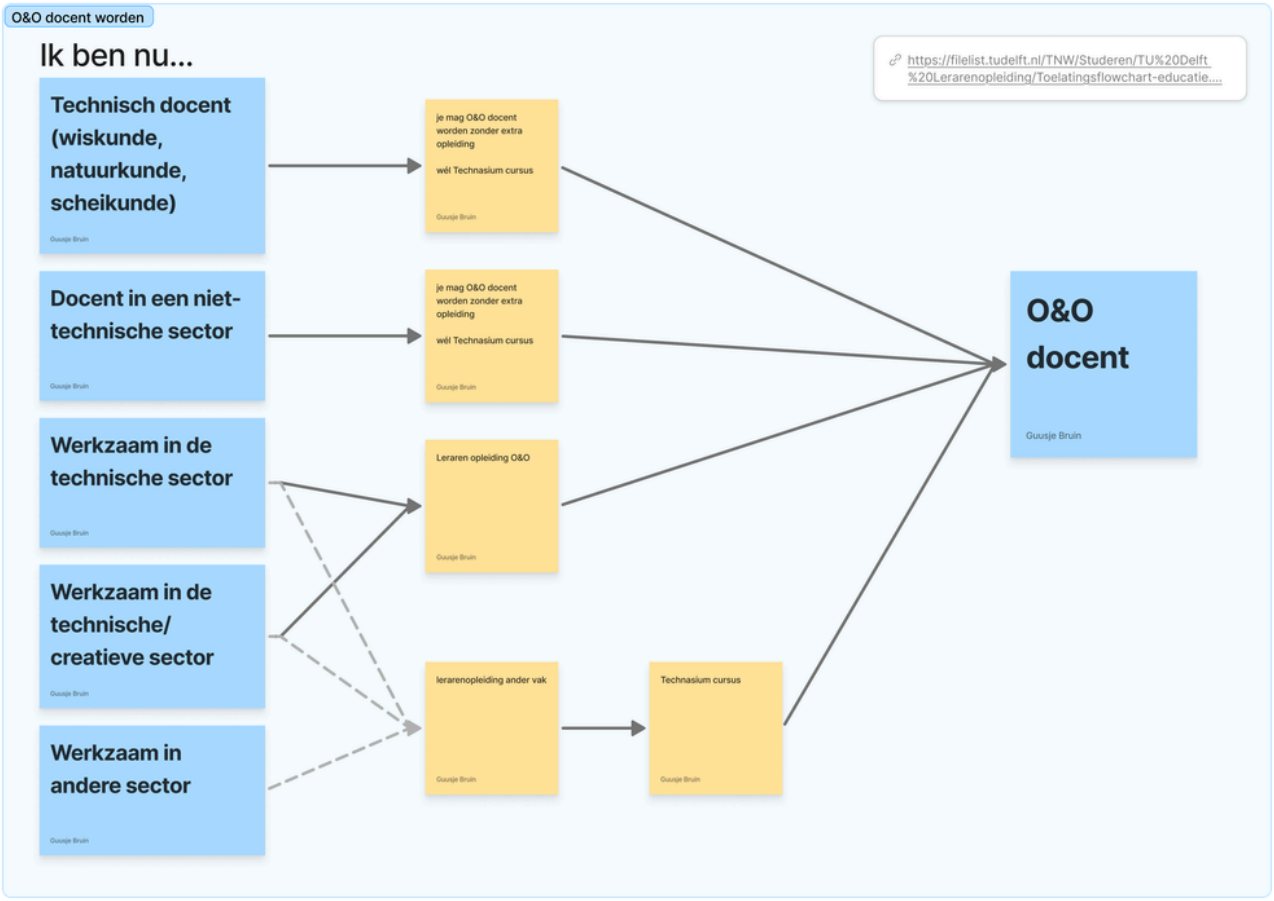
Students

Lack of knowledge and skill	3x minder tekenen 8x meteen bouwen, tekenen uit de weg gaan 4x gebrek aan skills
Insecurity and mindset	7x ik kan niet tekenen 9x gebrek aan zelfvertrouwen/angst 5x goed of fout beoordeling
diffferences in skill levels amongst students	7x
motivation and attitude	2 motivatie 7x do not get the value
Influence of digitization	5x digitale generatie 7x use of AI
lack of practice and experience	5x nooit geleerd

Teachers

lack of time	4x te weinig tijd
no place in curriculum	4x geen plek in curriculum
expectations and attitude	4x ze kunnen het gewoon niet
lack of expertise	8x gebrek aan expertise

APPENDIX B


O&O docent worden
Ik ben nu...
https://filelist.tudelft.nl/TNW/Studeren/TU%20Delft%20Lerarenopleiding/Toelatingsflowchart-educatie....
Technisch docent (wiskunde, natuurkunde, scheikunde)
Docent in een niet-technische sector
Werkzaam in de technische sector
Werkzaam in de technische/ creatieve sector
Werkzaam in andere sector
je mag O&O docent worden zonder extra opleiding
wél Technasium cursus
je mag O&O docent worden zonder extra opleiding
wél Technasium cursus
Leraren opleiding O&O
lerarenopleiding ander vak
Technasium cursus
O&O docent
Guusje Bruin

APPENDIX C

Vragen docent testen DRWCRDS

Introtekst
DRWCRDS (drawcards) zijn 8 kaarten die leerlingen in stappen door een communicatief en iteratief teken-proces begeleiden. De kaarten zijn ontworpen om leerlingen te helpen hun ideeën visueel en gestructureerd uit te werken, in plaats van 'zomaar' te tekenen. De leerlingen leren stap voor stap hun schetsen te verbeteren, keuzes te maken en hun ideeën duidelijk over te brengen op anderen. Ze kunnen hierbij gebruik maken van de buitenkant (gekleurde kant) van de kaarten, om het proces snel te doorlopen, óf de kaarten openslaan voor meer verdieping. Dit proces sluit goed aan bij vaardigheden zoals ontwerpen, reflecteren en communiceren binnen O&O-onderwijs.

Bijgevoegd zit ook:
- Een korte handleiding voor leerlingen
- Een handleiding voor de docent met verdiepend materiaal en mogelijkheid tot het geven van workshops
- En een leerlijn!

Je krijgt nu even de tijd om het materiaal door te bladeren en goed te bekijken. Tijdens het bekijken van de tool mag je hardop zeggen wat je ziet en denkt.
Mag ik dit gesprek opnemen?

Vragen
- Wat is je eerste impressie van de tool?
- Denk je dat het zou kunnen werken? Waarom wel/niet?
- Ziet u mogelijkheden om deze tool in O&O lessen te gebruiken?
- Verwacht je dat leerlingen zelfstandig kunnen werken met deze tool?
- Bij welke fases van een project zou de tool volgens jou het meest bruikbaar zijn?
- De tool is bedoeld voor toepassing in alle soorten O&O projecten, denk je dat dit haalbaar is? Waarom wel/niet?
- Voor welke leerlingen denk je dat deze tool vooral behulpzaam kan zijn?

- Wat zou je veranderen aan de tool?
- Mist er iets om de tool bruikbaar te maken in de praktijk?
- Heb je suggesties voor uitbreiding of aanpassing?

- Wat vind je van het format van de tool?
- Wat is voor jou het meest belangrijk als het gaat over tekenen aanbieden aan leerlingen:
  - Voorbeelden en inspiratie bieden
  - Ondersteuning bieden (stempels, sjablonen, onderleggers etc.)
  - Stapsgewijze uitleg
  - Stimuleren en motiveren
  - Gerichte opdrachten geven
- Hoe denk je over werken in dummy's?
- Zou je (met behulp van de handleiding), verdiepende workshops over tekenonderwerpen aan willen bieden aan leerlingen? Waarom wel/niet?
- Heb je na het zien van de tool zelf een ander idee wat misschien beter zou kunnen werken?

Testprocess DRWCRDS

Introductie

De afgelopen tijd heb ik gewerkt aan stappenkaarten waarmee tekenen een vast onderdeel kan worden van O&O. Ik heb deze kaarten voor jullie meegenomen en de vraag aan jullie is of jullie deze voor mij zouden willen testen.
Ik ga jullie een aantal vragen stellen en jullie mogen een formulier voor me invullen, daarna gaan jullie de kaarten gebruiken en dan stel ik jullie weer een aantal vragen over het gebruik van de kaarten.

Formulier voor consent

Ik heb hier een formulier dat jullie rustig even kunnen doorlezen en daarna mogen ondertekenen als je het ermee eens bent.
FORMULIER ONDERTEKENEN

Vragen vooraf

- Tekenen jullie wel eens in O&O lessen?
- Hoevaak?
- Waarvoor gebruiken jullie tekenen vooral?
- Wat vinden jullie van tekenen in O&O lessen?
- Waarom?
- Wat is jullie project en wat is jullie idee voor het project?
- Hebben jullie dit idee al een keer moeten tekenen?
- Mag ik die tekeningen zien?
- Mag ik een foto maken van de tekeningen?

Introductie en uitleg van de kaarten

Dit zijn de kaarten: het heet DRWCRDS. Het zijn 8 stappen-kaarten die je in stappen door een teken-proces begeleid. Iedere keer staat uit de voorkant wat de stap inhoudt en op de achterkant staat een voorbeeld van de stap. Aan de binnenkant van de kaarten staat meer informatie over de stap die je kunt gebruiken als je meer uitleg of hulp nodig hebt. Bij sommige stappen heb je extra hulpmiddelen nodig, dat staat met een tekentje op de kaart weergegeven. Als je iets niet begrijpt mag je het aan mij vragen.
Jullie mogen jullie idee nu (nog een keer) tekenen met behulp van de kaarten. Succes!

Vragen achteraf

Algemene ervaring

- Hoe vonden jullie het om met DRWCRDS te werken?

Effect op tekenen

- Hebben de kaarten geholpen om jullie idee beter te tekenen? Waarom wel/niet?
- Denken jullie dat jullie tekening duidelijker is geworden?
- Hebben de kaarten geholpen om beter na te denken over jullie idee?
- Zou je zonder de kaarten anders tekenen?
- Maakte de kaarten tekenen leuker?
- Zou je deze kaarten opnieuw gebruiken?

Gebruiksgemak

Begrip

- Begrepen jullie bij elke stap wat je moest doen? Of is er iets onduidelijk aan de kaarten?
- Welke kaart/ stap kost je de meeste moeite?
- Voelt het tekenen makkelijker of moeilijker met de kaarten?
- Welke kaart heeft je het meest geholpen? En waarom?

Uitleg

- Heb je de uitleg aan de binnenkant van de kaarten gebruikt (waarom wel/niet)?
- Was de hoeveelheid uitleg goed?

Ondersteuning

- Helpen de kaarten je om te bedenken wat je moet tekenen?
- Helpen de kaarten je om te bedenken hoe je moet tekenen?

Verbeteringen

- Wat zou je veranderen aan de kaarten? Hoe zou jij de kaarten beter maken?
- Mist er iets?

VragenFormulier

Zouden jullie dit kleine formulier nog willen invullen?

Test results: DRWCRDS

Statements on exit-cards

1	2	3	4	5	6	7	8	
3	2	2	2	5	1	1	1	II1
3	2	3	2	3	2	1	1	II2
4	1	3	5	4	4	5	1	II3
4	4	4	3	4	2	3	2	II4
3	4	4	4	4	4	4	2	II5
3	5	4	4	4	5	4	2	II6
4	4	4	4	3	5	4	3	II7
3	4	4	4	3	4	2	4	II8
4	3	4	3	5	5	2	4	II9
3	2	2	4	3	3	3	4	II10
5	5	4	4	3	4	3	4	II11
4	5	5	4	3	4	3	4	II12
4	5	4	4	5	4	3	4	II13
4	4	3	4	5	4	4	4	II14
5	4	3	4	5	4	4	4	II15
4	3	3	4	3	5	4	4	II16
4	4	5	4	4	5	4	4	II17
4	3	3	4	3	4	3	5	II18
2	3	4	4	5	4	3	5	II19
4	5	5	4	5	4	3	5	II20
4	5	4	5	3	5	4	5	II21
5	5	4	5	1	5	5	5	II22
4	4	4	4	5	5	5	5	II23
5	4	5	4	5	5	5	5	II24
4	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	**3**	**4**	Median
0.75704856	**1.15155849**	**0.84698955**	**0.74088666**	**1.07592225**	**1.08263634**	**1.138903617**	**1.377221526**	StDev
3.86956521	**3.75**	**3.75**	**3.875**	**3.875**	**4.04166666**	**3.41666666**	**3.625**	Average

Wat vond je het beste aan de kaarten?

- handig
- het hielp met goed tekenen
- Dat het opbouwde naar de uiteindelijke schetrs en de stappen helpen voor de eindschets
- De 3D stempels, want zo kan ik beter in 3d tekenen
- Het helpt
- Dat er duidelijke uitleg was
- simpele manier van beter en duidelijker tekenen
- Dat het resultaat beter word
- prima, beter dan een ... met opdacht
- klein
- beetje onduidelijk en saai
- Het was duidelijk en goed uitgelegd
- gewoon het tekenen
- Ervoor zorgen dat de tekening duidelijk was, want nu begrijpen anderen het waarschijnlijk sneller
- de stappen waren duidelijk
- Dat ik nu beter gegrijp wat ik teken en die het makkelijker maar toch beter en duidelijker is geworden
- Dat je erdoor meer in detail gaat tekenen en dat mijn tekeningen duidelijker zijn
- Dat alles duidelijk, op een leuke manier wordt uitgelegd
- Het is duidelijk, niet saai en geeft goede voorbeelden
- Het is makkelijk te gebruiken er hoeft niet veel uitleg bij
- Het hielp je met vormen en het had duidelijke stappen
- Handige kaarten, helpen goed, vooral met voorbeelden
- Dat het stap voor stap makkelijk werd uitgelegd
- Dat je precies weet wat ze met de kaarten bedoelen

Wat vond je het minst goed aan de kaarten?

- je tekening klein in de hoek tekenen (snapte het nut van die stap niet)
- De 2e stap vond ik dat het niet veel zin had
- Veel tekst in het midden van de kaarten
- Veel tekst
- Het uitleggen van de binnekant kan anders
- Redelijk veel stappen
- Het is niet het eerste waar ik aan zou denken bij het maken van een tekening
- Ik moest vaak hetzelfde opnieuw tekenen
- Ik vond eigenlijk alles wel goed omdat ik hierdoor veel beter en makkelijker heb kunnen tekenen
- Niet eerste gedachte bij tekenen
- Ik vond eigenlijk alles wel goed maar het stappenplan werkt helaas niet even goed voor ieder ontwerp
- Dat het niet zo begrijpelijk was en het duurde wel lang
- Veel stappen leken op elkaar
- Het was best saai en duurde te lang
- Veel lezen
- Dat mensen die geen skills hebben op tekenen dat die het niet aan kunnen
- Als je alles moet doen zou het lang kunen duren voor een schets
- Ik heb geen opmerkingen
- Dat het best lang duurt om een tekening te maken
- De nog een keer teken opdracht
- Dat het best veel kaartjes zijn
- Het duurde wel een beetjke lang als je te gedetailleerd bent
- Misschien kaarten soms een beetje onduidelijk
- niet duidelijk

Heb je tips voor verbeteringen?

- iets duidelijker
- lets duidelijker uitleg op de kaarten
- sommige stappen samenvoegen
- misschien wat kaarten samenvoegen
- niet echt
- misschien minder kaarten zodat het sneller gaat
- kaart 2 misschien iets duidelijker vertellen wat je nou moet doen (iets laten opschrijven etc.)
- De stukjes tekst korter en duidelijker
- Nee, het is prima gemaakt
- nee
- Maak het minder saai en misschien gericht op onze doelgroep[en verdoep misschien in onze doelgroep
- diverse stappen
- makkelijker uitleg
- ik heb eigenlijk geen tips :)
- -
- eiegnlijk niet echt, ik vond alles goed en duidelijk uitgelegd
- misschien wat minder stappen
- als het mogelijk wat korter zou kunnen zou dat fijn zijn, maar dit is alleen een tip omdat ik niet goed wist wat ik moest opschrijven
- misschien een boekje van maken anders raak je ze kwijt, verder hyeel goed en leuk idee :)
- misschien een plaatje aan de binnekant toevoegen
- iets minder tekst
- minder tekst
- nee
- Ik zou de stap die ik net benoemde (3) weglaten

Thema	Aantal keer genoemd
Duidelijkheid / stappen	9
Betere tekenresultaten	6
Stap-voor-stap opbouw	4
Gebruiksgemak	3
Visuele hulpmiddelen	3
Negatief / onduidelijk	3

Thema	Aantal	% (±)
Te veel stappen / tijd	9	41%
Onduidelijkheid	4	18%
Veel tekst	3	14%
Repetitief	2	9%
Niet intuïtief	2	9%
Skillverschillen	2	9%
Overige kritiek	3	14%
Positief / geen minpunten	2	9%

Thema	Aantal keer genoemd
Geen tips / positief	8
Duidelijkheid uitleg	5
Minder tekst	5
Minder stappen/kaarten	4
Vormgeving / doelgroep	3
Begrip/uitvoering problemen	2

Observatie notities

Groep 1: eerste klas,

- leerlingen gaan meteen de binnekant lezen
- Blokken bouwen gaat in een keer goed (gebruik oude tekening als referentie)
- gebruiken andere objecten (vel als ondergrond voor de plattegrond
- Redelijk veel sturing nodig bij sommige. sturing helpt wel enorm!
- Verwarring bij stap 4
- zonder extra uitleg zijn de kaarten voor sommige moeilijk te gegrijpen
- gaat langzaam (door twijfel)
- voordoen = key

Groep 2: 3e klas

- leerlingen leggen aan elkaar uit
- voorbeelden helpen hier weer

Groep 3: 3e klas

- Minder relevant (veel stappen)
- aks he iets specifiek voordoet gaan ze het op exact die manier nadoen
- leerlingen zijn niet gewend om opnieuw te werken /itereren
- Leerlingen willen meteen een tekening maken die af is
- de stappen gebruiken wordt makkelijker naarmate ze verder in het proces zijn (ze leren ervan of de latere stappen zijn duidelijker)
- stap 4 is volgens deze groep het beste

Groep 4: 3e klas

- Groot tekenen aansturen
- leerlingen tekenen beste leerling na
- stap 6vaak overbodig in deze opzet
- stappen structuur klopt niet helemaal en duurt heel lang
- stap 2 is onduidelijk
- kaart 7 en 8 zijn volgens deze groep het best

Interview

- samenhang is nice
- diepgaand en simpel is nice
- overrompeld door heoveelheid tools en informatie. weet niet waar ik moet beginnen
- ik werk hand-on: wil het liefst meteen de kaarten testen zonder eerst de handleiding te lezen
- klassikaal doen wij niks. Dus ik zou het groepjes 1 op 1 voorleggen

- wat me meteen opvalt aan de tekeningen is dat ze kleur, symbolen gebruiken dat doen ze normaal echt nooit
- ook richting perspectief en layout valt op

gemiddelde tekening is als volgt;

- iets natekenen
- een eenvoudige lijntekening, zonder bewuste keuzes

- wij zijn een ipad school dus sturen aan op digitaal te werk gaan

ik zou zelf afhankelijk van de fase de tool aanbieden en laten proberen, niet klassikaal introduceren
ik zou ze zelfstandig eventueel wel een uitleg video laten bekijken

dummy is niet heel praktisch: latenn ze hem hier, nemen ze m mee, heoeveel ruimte gaat dat innemen

- voorkant te complex/ veel info en tekst
- combi voor en achterkant onduidelijk door flipover format

-losse kaarten helpen met gerichtr kaarten aan leerlingen geven
het is minder overweldigend dan alle stappen op een format

Dag 2

Groep 1: 3e klas, Tilburg
Heel gedreven leerlingen die echt gretig aan de slag gingen en duidelijk graag wilde helpen

- discussie tussen leerlingen over kaart 2: doel en publiek
- met gerichte vragen over het project gaan leerlingen meer nadenken over hoe ze iets verduidelijkt kunnen testen
- leerlingen denken duidelijk na terwijl ze tekenen
- leerlingen bespreken hun tekeningen met anderen
- leerlingen gebruiken de voorbeelden niet (maar komen wel tot een goed eindresultaat)
- "Dit is de eerste keer ooit dat ik echt denk dat mijn tekening iets duidelijk uitlegt"

Groep 2: 3e klas, Tilburg
Deze groep was duidelijk minder gemotiveerd en meer gesloten voor het experiment

- moet echt aan de gang geholpen worden
- stap 2 wordt niet begrepen omdat ze niet hoeven te tekenen

Groep 3: 3e klas, tilburg

- bijna geen leerlingen hebben potloden bij zich
- leerlingen trekken de basisfiguren vaak over

Interview Gijs Huijskens (docent tekenen ook)

- leerlijn waaier, dun papier
- 3D schetsen is eigenlijk ook prototyping
- meteen lekker aan het werk en de kaarten geven een soort houvast
- véél minder tekst → geen zin om te lezen, beeldend materiaal werkt beter
- Geen nr's op de achterkant
- alleen voorbeelden zou bijna al duidelijk genoeg zijn
- "Ik kan niet tekenen" haal je hier niet mee weg

- iets tussen tinkercad en sketchup nodig
- wij doen niks aan tekenontwikkeling
- trial & error levert voor sommige veel op
- → kleuren in volgorde van de regenboog?

- kaarten raken snel kwijt en door elkaar
- misschien twee verschillende pakketjes, een methode voor brainstormen en een voor presentatie tekeningen
- filmpjes met uitleg en voorbeelden
- toegepaste simpele voorbeelden uit de techniek

DRWCRDS

Dé tool om zelfstandig te tekenen

Handleiding voor docenten

Onderbouw Havo/VWO

Ontworpen ter ondersteuning van O&O-lessen

Door Guusje Bruin

TU Delft

Introductie

Deze handleiding is bedoeld om docenten te ondersteunen bij het begeleiden van leerlingen in het maken van communicatieve tekeningen met behulp van de DRWCRDS (drawingcards): 8 kaarten die leerlingen in stappen door een communicatief teken-proces begeleiden. Waar de leerlingenhandleiding zich richt op eenvoudige, directe instructies, biedt dit document extra achtergrond, didactische handvatten en suggesties voor begeleiding in de klas.

De kaarten zijn ontworpen om leerlingen te helpen hun ideeën visueel en gestructureerd uit te werken. In plaats van ‘zomaar’ te tekenen, leren leerlingen stap voor stap hun schetsen te verbeteren, keuzes te maken en hun ideeën duidelijk over te brengen op anderen. Dit proces sluit goed aan bij vaardigheden zoals ontwerpen, reflecteren en communiceren binnen O&O-onderwijs.

In deze handleiding vindt je toelichting op de achterliggende gedachte van de stappen, tips om leerlingen te begeleiden in verschillende fases van het tekenproces (van idee tot presentatie), en suggesties om te differentiëren tussen leerlingen. Ook wordt ingegaan op hoe je de kaarten flexibel kunt inzetten: als snelle ondersteuning of als verdiepend leermiddel.

Het doel is om jou als docent houvast te bieden bij het inzetten van de kaarten, terwijl er voldoende ruimte blijft voor eigen invulling en aansluiting bij jouw lespraktijk.

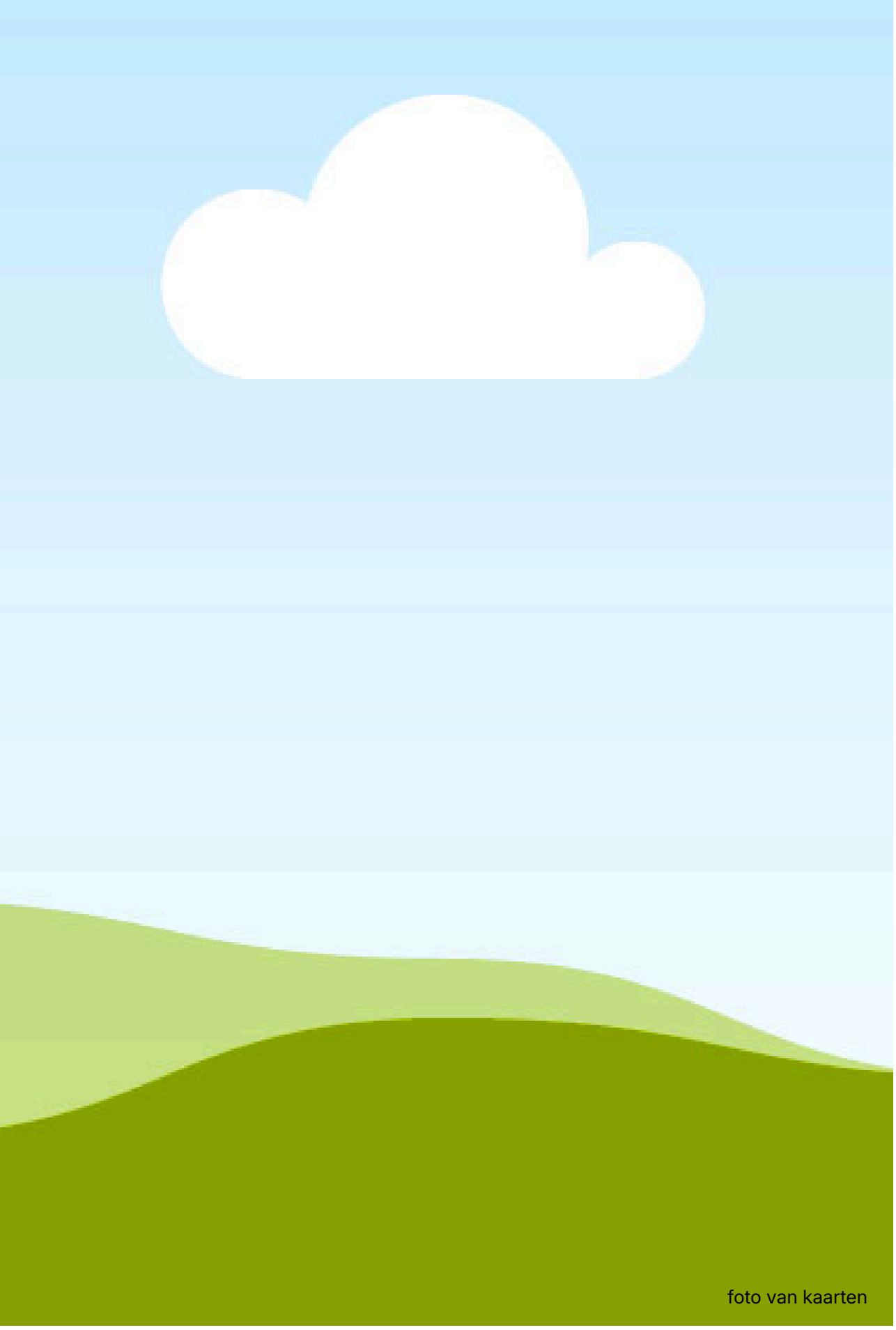


foto van kaarten

Inhoudsopgave

1	Doel van DRWCRDS	nr
2	Leerdoelen DRWCRDS	nr
3	DRWCRDS: Hoe werkt het?	nr
4	Werken in een dummy!	nr
5	Didactische aanpak: de rol van de docent	nr
6	Projectverloop en het gebruik van DRWCRDS	nr
7	Uitleg bij de kaarten	nr
8	DRWCRDS Bouw- en Printpakket	nr

1 | Doel van DRWCRDS

Op dit moment krijgt handtekenen binnen O&O (en in ander techniekonderwijs) vaak een beperkte, instrumentele rol. Op veel scholen wordt het uitsluitend gebruikt voor een handjevol schetsen in het brainstormproces of voor het maken van een presentatieposter. De implementatie van tekenen binnen het vak O&O varieert enorm van docent tot docent en van school tot school. Op sommige scholen komt het zelfs helemaal niet aan bod. Vaak worden hiervoor redenen genoemd als: te weinig tijd, het zit niet in het curriculum, het is een soft-skill (en dus minder relevant), of: ik heb er als docent geen ervaring mee, dus kan ik leerlingen niet ondersteunen tijdens het tekenen. Heel vaak is het zo dat de relevantie van tekenen binnen science & engineering-onderwijs niet wordt ingezien (zowel door de docent als door de leerling). En daar moet verandering in komen!

Tekenen is namelijk een essentiële skill binnen science & engineering, omdat het fungeert als een krachtig denk- en communicatiemiddel. Schetsen helpt om ideeën of principes te visualiseren, ze aan te passen en verder te ontwikkelen. Het verlaagt de cognitieve belasting tijdens het ontwerpen en onderzoeken, waardoor er meer ruimte vrijkomt in het werkgeheugen. Die kan dan weer worden ingezet voor het bedenken van nóg creatievere oplossingen of het voortbouwen op een idee naar een meer gedetailleerde versie. Daarnaast helpen tekeningen om je ideeën naar jezelf én naar anderen te communiceren. Zo worden ze ook in de bèta-technische sector ingezet. Het is belangrijk dat de klant je goed begrijpt als je een geniaal idee hebt verzonnen. Een tekening maakt het idee tastbaar en re-interpretabel. Het is minder vluchtig dan spraak, waardoor je ernaar terug kunt refereren. Daarnaast draagt het ook bij aan ruimtelijk inzicht en visual literacy, vaardigheden die cruciaal zijn voor technische probleemoplossing.

Juist omdat tekenen zoveel invloed heeft op denken, ontwerpen en communiceren, zou het een prominentere plek moeten krijgen binnen O&O. Door leerlingen actief en herhaaldelijk te laten schetsen, ontwikkelen zij niet alleen betere ideeën, maar leren zij ook hun ideeën duidelijker over te brengen. Daarmee wordt tekenen niet alleen een vaardigheid, maar een essentieel onderdeel van het onderzoeks- en ontwerpproces.

Wil je meer weten over de invloed van handtekenen in een technisch proces? Kijk dan naar dit onderzoek! ---------- Linkje

foto van kaarten

2 | Leerdoelen DRWCRDS

- De leerling kan tekenen inzetten als middel om ideeën te ontwikkelen en te verbeteren.
- De leerling kan visuele representaties gebruiken om ideeën begrijpelijk over te brengen.
- De leerling kan uitleggen waarom tekenen van belang is in een ontwerp- en onderzoeksprocessen.

Vaardigheidsgerichte leerdoelen

- De leerling weet in welke stappen je een communicatieve tekening opzet en past deze stappen op een juiste manier toe.
- De leerling kan een idee vertalen naar een eerste, globale schets.
- De leerling kan een tekening iteratief verbeteren op basis van feedback en eigen reflectie.
- De leerling kan visuele hiërarchie aanbrengen om belangrijke onderdelen in een tekening te benadrukken.

Leerdoelen voor processmatig werken

- De leerling kan door middel van schetsen meerdere ideeën genereren.
- De leerling kan ontwerpkeuzes maken en deze visueel uitwerken.
- De leerling kan het eigen ontwerpproces analyseren en benoemen hoe een idee zich heeft ontwikkeld.
- De leerling kan binnen een project beargumenteren welke middelen en aanpakken relevant zijn voor het behalen van het doel en hier doelgericht naar handelen.

Communiceren

- De leerling kan een tekening maken die (zonder mondelinge toelichting) begrijpelijk is voor anderen.
- De leerling kan de vorm en uitwerking van een tekening afstemmen op het doel (ideeontwikkeling of presentatie).

Reflectie leerdoelen

- De leerling kan de effectiviteit van een tekening beoordelen op basis van duidelijkheid en communicatie.
- De leerling kan onderbouwen welke verbeteringen zijn doorgevoerd en waarom.

foto van kaarten

3 | DRWCRDS: Hoe werkt het?

DRWCRDS bestaat uit verschillende elementen die samen zorgen voor een gestructureerd stappenplan waarin de leerling zelfstandig een teken-proces doorloopt. In het pakket vind je de volgende elementen:

- Deze handleiding voor docenten
- Een handleiding voor leerlingen
- De 8 stappenkaarten
- Basisfiguurblokken (het bouwpakket daarvoor)
- Basisfiguur stempels

Handleiding voor docenten (deze dus!)
Deze handleiding is bedoeld om jou als docent te informeren over hoe deze tool werkt en gebruikt kan worden in de klas. Daarnaast geeft het handvatten om leerlingen te informeren, te ondersteunen en te stimuleren om tekenen te gebruiken in hun O&O-project.

Handleiding voor leerlingen
De handleiding voor leerlingen omschrijft kort, en in simpele stappen hoe leerlingen zelfstandig aan de slag kunnen gaan met de tool. In de handleiding wordt onder andere onderscheid gemaakt tussen de snelle versie van de 8-stappen en de uitgebreide versie. Dit wordt in de volgende alinea toegelicht.

8 stappenkaarten
De tool maakt gebruikt van 8 kaarten die het communicatieve teken-process uitleggen en waarmee de leerling, als hij/zij de stappen correct doorloopt, een duidelijke tekening kan maken die goed verbeeld en toelicht wat de leerling heeft bedacht. Iedere kaart is op eenzelfde manier opgebouwd.

De snelle versie: de voor- en achterkant van de kaart
Bij de snelle versie gebruikt de leerling alleen de voor- en achterkant van de kaarten! Hierop staat genoeg informatie om van start te gaan en uiteindelijk te eindigen met een goede, communicatieve tekening. De buitenkant van de kaart beschrijft het principe en laat er een voorbeeld van zien. Zoals je op de volgende pagina kan zien (in figuur X) staat op de voorkant van de kaart beschreven: (1) om welke stap het gaat; (2) Wat die stap is; en (3) wat je in de stap moet doen. Iedere kaart heeft zijn eigen kleurencombinatie zodat ze makkelijk uit elkaar te houden zijn. Op de achterkant van de kaart staat vervolgens een voorbeeld (4) zodat de leerlingen inspiratie krijgen om zelf aan de slag te gaan en een keer visueel voorgedaan zien wat precies de bedoeling van de stap is.

De uitgebreide versie: de binnenkant van de kaart

De uitgebreide versie is bedoeld om extra uitleg te geven of meer de diepte in te duiken. Deze extra informatie kan door de leerling zelfstandig worden bekeken (omdat ze extra informatie nodig hebben om de stap uit te voeren óf omdat ze gemotiveerd zijn om meer te leren) of dit kan klassikaal worden besproken. De binnenkant van iedere kaart heeft steeds dezelfde onderdelen:

Waarom en Hoe?

Waarom ga je deze stap uitvoeren en hoe werkt die stap precies?

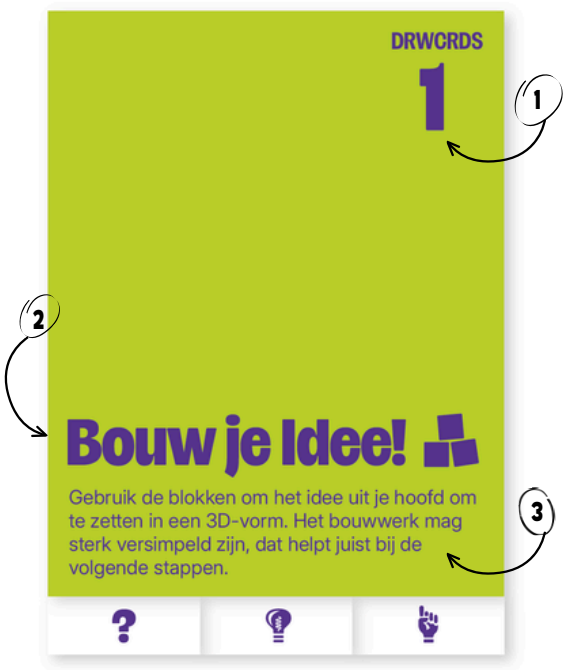
Ideeën bedenken of presenteren

Vaak verschilt de invulling van de stap een beetje aan de hand van het doel van de tekening. Daarom wordt die invulling altijd specifiek uitgelegd in het domein van ideeën bedenken (brainstormen) (een proces tekening), én in het domein van ideeën presenteren(een presentatietekening).

Tips en Theorie

Wil je meer tips, of écht de diepte in duiken, dan kan je bij tips en theorie extra informatie vinden over hoe je deze stap moet aanpakken

In sectie X van deze handleiding staat nog diepgaandere theorie over het onderwerp. Deze theorie kan jij als docent klassikaal met de leerlingen bespreken om nog dieper op het onderwerp in te gaan. De theorie is kaart-specifiek. Voor elk van de 8 kaarten is er extra materiaal wat klassikaal aangeboden kan worden of kan worden aangeboden aan leergierige leerlingen.



Voorkant



Achterkant

Figuur X | De opdeling van voor- en achterkant van de stappenkaarten.

foto blokken en stempels

Basisfiguurblokken
Ondersteuning bij stap 1

De basisfiguurblokken horen bij stap 1. In deze stap gaan leerlingen hun initiele idee opbouwen uit basisfiguren. Het is de bedoeling dat dit vlot verloopt. Het bouwen van een vorm mag maximaal enkele seconden tot een halve minuut duren, waarna de leerling verder gaat naar stap 2.
In sectie X vind je meer informatie over het in elkaar zetten van de basisfiguren

Basisfiguur stempels
Ondersteuning bij stap 4

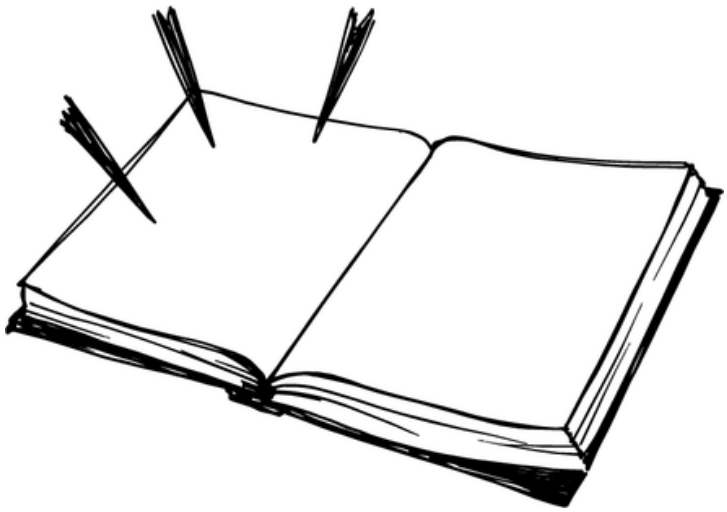
De stempels horen bij stap 4. In deze stap gaan leerlingen de basis van hun tekening leggen door te beginnen met het stempelen van de basisfiguur die ze hebben gebruikt in stap 1. Deze basisfiguur staat al in perspectief en wordt gestempeld met een lichtgrijze inkt. Hierdoor is de stempel wel te goed te zien, maar krijgt hij geen aandacht meer als de leerling er vervolgens overheen gaat tekenen. De leerling wordt automatisch gestimuleerd om in 3D te tekenen, maar word niet ontmoedigd door het moeten bepalen van het perspectief en het tekenen van de initiele vorm (in perspectief).
In sectie X vind je meer informatie over het maken van de stempels.

4 | Werken in een dummy!

In combinatie met deze tool wordt het werken in dummys aangeraden. Dat heeft de volgdende reden:
In de introductie heb je kunnen lezen over de rede voor het ontwikkelen en gebruiken van de tool. De tool lost echter maar een deel van het probleem op. Een belangrijk probleem dat naar voren komt als het gaat om tekenen binnen O&O is het gebrek aan initiatief en motivatie. Om dat initiatief te stimuleren en leerlingen te laten beginnen met tekenen en meer te laten tekenen werkt het implementeren van dummies in combinatie met deze tool.

Een dummy is een schetboek, het heeft lege vellen zonder lijntje, puntjes of hokjes. Hierdoor stumuleert het tot visualiseren en creatief denken.
Het idee is dat de leerling het gehele denk- ontwerp- en onderzoeks-process in zijn of haar dummy weergeeft.

Wil je meer weten over de werking van dummys? Kijk dan naar dit onderzoek! ---------linkje



5 | Didactische aanpak: de rol van de docent

DRWCRDS is bedoeld als een tool die volledig onafhankelijk van de docent gebruikt kan worden door de leerling om te leren hoe hij of zij het beste een communicatieve tekening kan maken. De tool behandeld de stappen die de leerling moet ondernemen om tot deze tekening te komen zonder de hulp van de docent. De tool is zo ontworpen om geen tijd kwijt te raken aan het bespreken en aanbieden van nóg meer skills binnen O&O (het vak zit al zo vol), maar om juist tijd te besparen door tekenen te implementeren als een denk-, ontwerp- en communicatiemiddel wat de leerling zelf kan ervaren en ontwikkelen. Bij het ontwikkelen van de tool is rekening gehouden met verschillende werkvormen. Het werkt snel, gaat niet te veel de diepte in, en staat los van de docent waardoor het leerlingen gedurende een O&O traject, door te ervren en te doel, leert hoe je een communicerende tekening moet maken.

Docentenkennis van de tool
Natuurlijk is het belangrijk om als docent te weten en te begrijpen met welk lesmateriaal je leerlingen aan de slag gaan. In sectie X wordt de inhoud van de kaarten (zoals die voor de leerlingen ook beschreven staat) toegelicht en wordt er verdiepende uitleg gegeven over de theoretische achtergrond van iedere kaart. Met deze informatie kan je als docent de leerling in de basis stimuleren tot en ondersteunen bij het gebruik van de tool.

Verdiepend materiaal
Omdat er veel te leren valt over hoe je tekenen inzet als ontwerp- of communicatiemiddel willen we je als docent de mogelijkheid geven je verder te verdiepen in het onderwijs en die kennis eventueel ook over te dragen aan je leerlingen. In sectie X (onderaan de uitleg van iedere kaart) vind je daarom per onderwerp een verdiepende theorie.
Het overdragen van deze kennis kan binnen een format wat bij jou als docent en bij je les past. Per onderwerp staat tips en voorbeelden vermeld over hoe je de theorie kan aanbieden aan je leerlingen.

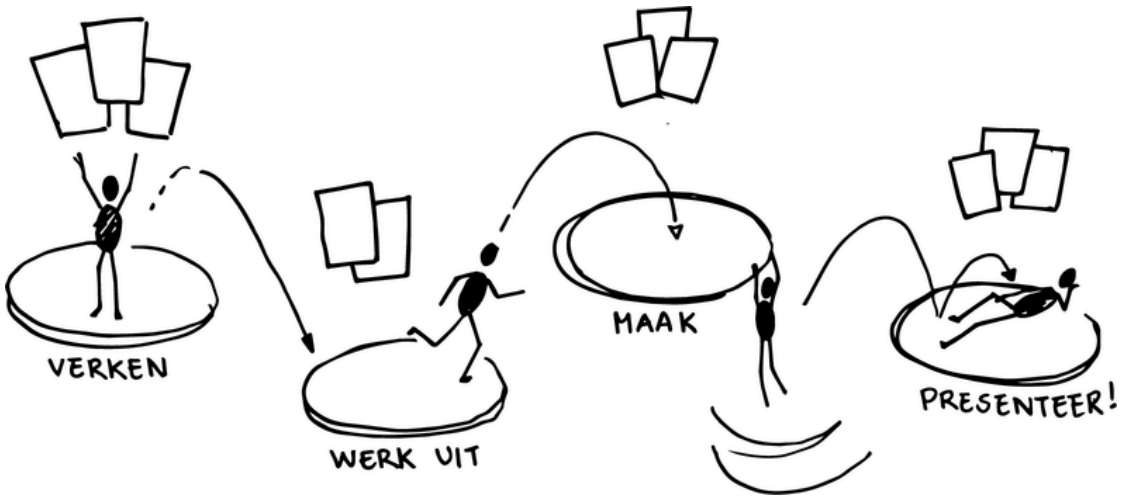
6 | Projectverloop en het gebruik van DRWCRDS

DRWCRDS is ontworpen zodat het onafhankelijk van de fase van het project kan worden ingezet, ofterwel: het mag altijd op tafel staan. Door de tool op tafel te zetten en de leerlingen in hun dummies te laten werken zullen ze sneller naar de tool grijpen voor ondersteuning. Iedere stap duurt (afhankelijk van de complexiteit van het idee) gemiddeld 2 minuten. Belangrijk om te begrijpen is dat de tool ondersteunt bij het maken van communicatieve tekeningen die (verschillende fases van) je project uitleggen. De tool kan dus gebruikt worden voor het maken van brainstorm schetsen, storyboards, infographics of presentatie-tekenen, en is daarmee net zo waardevol in een onderzoeksproject als in een ontwerp-project.

Wist je dat?

In onderzoek heel veel gebruik wordt gemaakt van infographics om bepaalde (nieuwe) principes toe te lichten. Een goed voorbeeld hiervan is bijvoorbeeld het uitleggen van hoe het broeikaseffect werkt. Zou jij dat kunnen doen zonder een afbeelding?

Het toevoegen van een visuele uitleg van een principe helpt bij het toelichten van je onderzoek. Dat geld ook als je het toepast in technische diciplines zoals natuurkunde (krachten of energie), scheikunde (atomen en molecuelen), biomechanics (spieren en krachten).

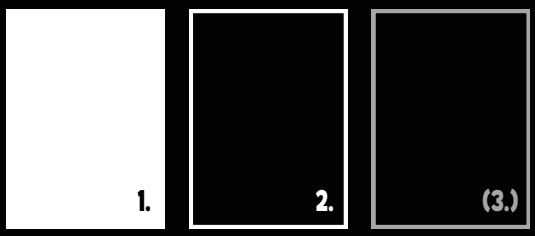


7 | Uitleg bij de kaarten

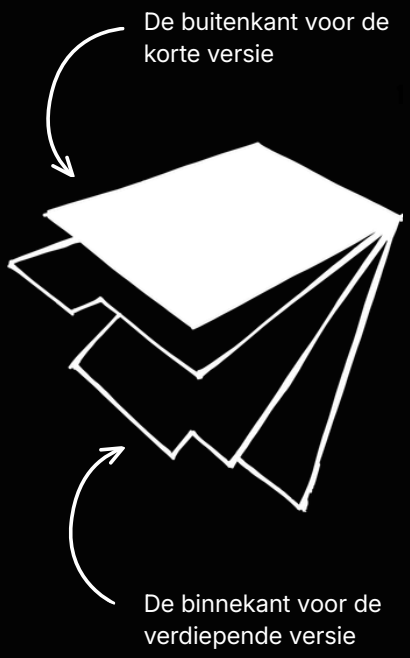
DRWCRDS Bestaat uit 8 stappenkaarten met verschillende thema's:

- Kaart 1 - Bouw je idee
- Kaart 2 - Doel en publiek
- Kaart 3 - Versimpel
- Kaart 4 - Stempel
- Kaart 5 - Van groot naar klein
- Kaart 6 - Herhaal en verbeter
- Kaart 7 - Vertel een verhaal
- Kaart 8 - Lijn, Kleur en Achtergrond

In dit gedeelte van de handleiding worden de kaarten een voor een toegelicht. Dat gaat als volgt:



Op de eerste pagina (1), de gekleurde pagina staat de tekst weergeven die op de orginele kaart geschreven staat. Dit is de text die de leerlingen dus ook zien. Stellen zij vragen over een specifieke stap, dan kan je aan de hand van deze pagina snel opzoeken welke informatie ze zelf kunnen opzoeken (in de kaart) en welke informatie jij ze als docent zou kunnen geven. *De kleur van de pagina komt overeen met de kleur van de kaart.*
De eerste pagina komt dus volledig overeen met de kaart. In het vak staat welke informatie bedoeld is voor de kort versie. Deze informatie staat normaliter aan de buitenkant van de kaart.



De informatie die je als docent kan geven staat op de 2e (en 3e) pagina. Op die pagina's staat o.a. beschreven **Waarom deze stap(penkaart) belangrijk is**. Deze informatie kan je gebruiken tijdens uitleg van een van de kaarten of tijdens een verdiepende workshop (als onderdeel van de les). Verder staat er in deze 2 pagina's ook beschreven **Hoe je de stap het beste kunt begeleiden als docent**.



Hier staan tips beschreven over hoe je de leerlingen kan ondersteunen en begeleiden bij de acties die beschreven staan op de kaarten. Voor iedere kaart staan er gerichte vragen beschreven die je de leerlingen kan stellen om meer de verdieping in te gaan.

Sommige kaarten (zoals kaart 1 en 4) hebben een extra onderdeel. Dit onderdeel is een variatie. Variaties geven een andere manier waarop je de leerlingen de kaart kan laten interpreteren.

Daarnaast heeft iedere kaart ook een verdiepende theorie. Hiermee krijg je als docent de mogelijkheid om verdiepende workshop te geven.

Kaart 1: Bouw je idee

Gebruik de blokken om het idee uit je hoofd om te zetten in een 3D-vorm. Het bouwwerk mag sterk versimpeld zijn, dat helpt juist bij de volgende stappen.

Waarom?

Door je idee in blokken, versimpeld te bouwen maak je je idee tastbaar. Je kunt er nu omheen lopen en het van alle kanten bekijken. Hierdoor is het makkelijker om bijvoorbeeld aanzichten te tekenen, maar ook om van je idee een 3D tekening te maken.

Hoe?

In de doos zitten een aantal blokken. Deze blokken stellen basisfiguren voor. Probeer in je hoofd te bedenken uit welke basisfiguren jouw idee is opgebouwd. Misschien heb je maar één blok nodig, misschien bouw je een heel bouwwerk, het is allebei goed.

Ideeën bedenken

Als je nog aan het brainstormen bent, kun je de blokken goed gebruiken om te experimenteren met nieuwe vormen. Wat gebeurt er als je je 3D-vorm anders opbouwt? Misschien wordt je idee daardoor beter. Je kunt iets toevoegen, weglaten of veranderen aan je vorm. Experimenteer en ontdek wat het beste werkt.

Ideeën presenteren

Het is altijd goed om je idee meerdere keren te bouwen. Door opnieuw te bouwen, ontdek je wat beter kan en wordt je vorm steeds duidelijker. De vorm die je maakt helpt je vervolgens om een duidelijke presentatie-tekening in 3D te maken.

Tips:

- Focus eerst op de hoofdvorm. Begin met het bedenken welke basisfiguur de basis vormt van jou idee (meestal is dat er maar 1)
- Probeer je idee (in het begin) op te bouwen met één of twee blokken. Je kunt later altijd meer toevoegen.
- Wees niet bang om opnieuw te bouwen! Vaak ontstaat een beter idee als je iets opnieuw probeert.
- Bekijk je bouwwerk van verschillende kanten. Dit helpt later bij het tekenen van aanzichten en een 3D vorm.
- Je kunt andere onderdelen ook als bouwstenen gebruiken, bijvoorbeeld een prittstift. Let erop dat deze onderdelen wel een basis-vorm hebben als je ze toevoegd aan je bouwwerk.

Theorie:

Veel complexe vormen zijn opgebouwd uit eenvoudige basisvormen, zoals kubussen, balken en cilinders. Door eerst te zoeken naar deze basisvormen, wordt een vorm overzichtelijker en makkelijker te begrijpen. Wanneer je een idee met blokken opbouwt, zie je beter hoe de vorm in elkaar zit. Hierdoor wordt het later makkelijker om de vorm te tekenen, omdat je weet waar de hoofdvormen zitten en hoe ze zich tot elkaar verhouden.

Docent informatie

Waarom eerst bouwen uit basisvormen?

De punten hieronder leggen uit waarom stap 1 belangrijk is. Je kunt deze redenen ook met leerlingen delen in je les. Dit geeft hen inzicht in waarom ze doen wat ze doen.

Het bouwen ondersteunt tekenen naar observatie. Wanneer leerlingen leren kijken naar objecten als een combinatie van eenvoudige vormen, gaan zij anders observeren. In plaats van details na te tekenen, leren zij eerst de structuur van een object herkennen. Dit helpt hen om sneller en accurater te schetsen, omdat ze begrijpen hoe een vorm is opgebouwd.

Het sluit aan op werken in CAD. In CAD-software wordt een ontwerp vrijwel altijd opgebouwd uit basisvormen (primitives) die worden aangepast, gecombineerd of verwijderd. Door dit principe al met de hand toe te passen, ontwikkelen leerlingen een denkstrategie die direct overdraagbaar is naar digitaal ontwerpen.

Het stimuleert versimpeld en doelgericht denken. Het beperken van vormen dwingt leerlingen om hun idee te vertalen naar de essentie. Dit activeert het denkproces: wat is echt nodig om dit idee te laten kloppen? In plaats van te verdwalen in details, focussen ze op vorm, verhouding en opbouw.

Het maakt perspectieftekenen toegankelijker. Basisvormen zijn relatief eenvoudig in perspectief te tekenen. Een kubus of cilinder heeft duidelijke richtingen en verhoudingen, waardoor leerlingen later sneller grip krijgen op ruimtelijk tekenen. Een complex product direct in perspectief tekenen is vaak te hoog gegrepen; basisvormen vormen een logische tussenstap.

Het verlaagt de drempel en verhoogt iteratie. Werken met basisvormen is snel en fout-tolerant. Omdat het niet “mooi” hoeft te zijn, durven leerlingen meer te proberen. Dit vergroot hun zelfvertrouwen en stimuleert iteratief werken: meerdere versies maken, vergelijken en verbeteren.

Het zorgt voor een fysieke versie van het idee. Bouwen zorgt ervoor dat je idee meteen een fysieke vorm krijgt die je van verschillende kanten kan bekijken. Naast hulp bij perspectifisch tekenen zorgt dit er ook voor dat je makkelijker aanzichten kunt tekenen (door je bouwwerk te draaien en van een andere kant te bekijken)

Hoe begeleid je deze stap als docent:

Als je DRWCRDS in een lesvorm wilt gieten kan je de volgende punten daarin meenemen. Deze punten kan je ook als losstaande tips meegeven aan leerlingen.

- Begin expliciet simpel: Dwing leerlingen om eerst alleen met de blokken aan de slag te gaan.
- Stel sturende vragen
  - “Uit welke vormen bestaat je idee?”
  - “Wat is de grootste vorm?”
  - “Kun je dit terugbrengen naar 2 of 3 vormen?”
- Focus op snelheid Geef korte tijdsopdrachten (bijv. 20 sec per bouwwerk).
- Laat variaties maken Vraag leerlingen om meerdere versies van hetzelfde idee te bouwen met kleine aanpassingen.
- Koppel terug naar het grotere doel Maak steeds expliciet waarom ze dit doen: niet om uiteindelijk mooi te tekenen, maar om beter te denken en communiceren.

Variatie: digitaal bouwen

Je kunt leerlingen op deze manier ook kennis laten maken met CAD-programma’s. Laat ze hun ideeën in een programma als solidworks of blender eerst bouwen in basisvormen. Als ze een aantal versies hebben kunnen ze hun bouwwerken uitprinten en er in latere stappen overheen tekenen. Op deze manier hoeven ze niet super goed te zijn in CAD-programma’s om wel (met behulp van CAD) tot gedetailleerde/complexe/organische ontwerpen te komen (die ze dus analoog eroverheen tekenen).

Verdiepende Theorie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce elementum tellus sit amet ipsum vulputate, vel vehicula ipsum aliquet. Nullam nec rhoncus eros. Suspendisse nec nulla mi. Sed efficitur ut quam congue egestas. Vestibulum nec metus dignissim turpis luctus vehicula. Integer vehicula justo eu metus pretium gravida. Nunc vitae est ut nisi tempus venenatis id ac velit. Integer congue semper auctor. Duis et mattis arcu, sed tincidunt felis. Proin posuere feugiat turpis in laoreet.

Kaart 2: Doel en Publiek

Bedenk wat het doel van de tekening is en wie het publiek is dat de tekening moet begrijpen.

Waarom?

Door het doel en het publiek van je tekening in je hoofd te houden, kun je gerichter te werk gaan. Als je weet waarom je tekent en voor wie je tekent, kun je makkelijker bepalen wat je precies moet tekenen.

Hoe?

Begin met je Publiek: wie gaat deze tekening zien?
kies uit de onderstaande opties:

- jij
- je groepje
- de klas
- de klant
- de docent
- anders

Nu je weet wie je tekening gaat bekijken kan je jezelf de volgende vraag stellen: wat moet dit publiek begrijpen:

- hoe mijn idee eruit ziet
- hoe mijn idee werkt/gebouwd gaat worden
- hoe mijn idee gebruikt gaat worden

Ideeën bedenken

Als je nog in de brainstormfase van het ontwerpproces bent, is het belangrijk dat jij en je groepsgenoten goed begrijpen wat je tekent. In deze fase ben je nog aan het experimenteren en ideeën aan het uitproberen.
Het is daarom ook belangrijk dat je snel kunt werken. Probeer je te focussen op het maken van een versimpelde versie van je idee. Zo begrijpen anderen sneller wat je bedoelt en kun je snel én veel tekeningen maken.

Ideeën presenteren

In de fase waarin ideeën worden gepresenteerd is deze stap éxtra belangrijk. Let erop dat je (bijvoorbeeld voor een presentatieposter) goed voor ogen hebt wat je wilt laten zien én aan wie. Meestal presenteer je de tekening aan de externe klant. Het moet dus een duidelijke en professionele tekening worden.

Tips

- Wat moet iemand snappen na het zien van mijn tekening? Als je weet wat iemand moet begrijpen, wordt duidelijk wat je wél en niet hoeft te tekenen.
- Verschillende mensen hebben andere uitleg nodig. Een docent of klant heeft vaak meer duidelijkheid nodig dan jijzelf.
- Laat als je tekening as is, iemand anders naar je tekening kijken. Als iemand anders begrijpt wat je bedoelt, werkt je tekening goed.

Theorie

Een tekening is een vorm van communicatie. Dat betekent dat je niet alleen tekent voor jezelf, maar ook voor iemand anders die de tekening moet begrijpen. Daarom is het belangrijk om vooraf na te denken over het doel van je tekening en voor wie je tekent.
Wanneer je weet wat je wilt uitleggen en wie je publiek is, kun je gerichter kiezen wat je wel en niet tekent. Dit helpt om je tekening duidelijker en overzichtelijker te maken. Een goede tekening laat precies zien wat nodig is om het idee te begrijpen, niet meer en niet minder.

Docent informatie

Waarom het doel en het publiek bepalen?

De punten hieronder leggen uit waarom stap 2 belangrijk is. Je kunt deze redenen ook met leerlingen delen in je les. Dit geeft hen inzicht in waarom ze doen wat ze doen.

Het zorgt voor gerichte keuzes. Wanneer leerlingen een duidelijk doel hebben, kunnen ze beter bepalen wat wel en niet belangrijk is om te tekenen. Een tekening om ideeën te verkennen ziet er anders uit dan een tekening om een idee te presenteren.

Het voorkomt overbodige of ontbrekende informatie. Zonder duidelijk doel voegen leerlingen vaak te veel details toe, of juist te weinig. Door vooraf na te denken over doel en publiek, leren ze keuzes maken: wat moet er echt in, en wat kan weg?

Het versterkt visuele communicatie. Een tekening is pas succesvol als een ander hem begrijpt. Door het publiek expliciet mee te nemen, leren leerlingen hun tekening af te stemmen op het kennisniveau van de kijker.

Het sluit aan bij de praktijk in science & engineering. In de bèta-technische wereld wordt altijd ontworpen met een gebruiker of opdrachtgever in gedachten. Tekeningen worden gemaakt om iets duidelijk te maken aan iemand anders, niet alleen voor jezelf.

Het stimuleert bewust ontwerpen. Leerlingen gaan nadenken over hun intentie: wil ik iets uitleggen, overtuigen, onderzoeken of presenteren? Dit maakt hun werk doelgerichter en professioneler.

Hoe begeleid je deze stap als docent:

- Maak het expliciet aan het begin van de opdracht Laat leerlingen hun doel en publiek kort opschrijven voordat ze gaan tekenen.
- Stel gerichte vragen
  - “Wat wil je dat iemand snapt na het zien van jouw tekening?”
  - “Voor wie maak je deze tekening?”
  - “Wat weet die persoon al, en wat nog niet?”
- Laat leerlingen communiceren: Het is Belangrijk dat leerlingen in een groepje het een zijn over het doel en het publiek van de tekening. soms is het publiek de groep zelf. Laat leerlingen daarom altijd feedback geven op elkaars tekeningen. Hierbij gaat het vooral of ze van elkaar begrijpen wat er wordt bedoeld met de tekening.

- Grijp terug naar deze stap tijdens de rest van het proces Als een leerling vastloopt of te veel detail toevoegt, vraag: “Helpt dit jouw doel, of leidt het af?”
- Koppel aan evaluatie Laat leerlingen achteraf reflecteren: “Heeft jouw publiek je tekening begrepen?”

Verdiepende Theorie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce elementum tellus sit amet ipsum vulputate, vel vehicula ipsum aliquet. Nullam nec rhoncus eros. Suspendisse nec nulla mi. Sed efficitur ut quam congue egestas. Vestibulum nec metus dignissim turpis luctus vehicula. Integer vehicula justo eu metus pretium gravida. Nunc vitae est ut nisi tempus venenatis id ac velit. Integer congue semper auctor. Duis et mattis arcu, sed tincidunt felis. Proin posuere feugiat turpis in laoreet.

Kaart 3: Versimpel

Maak een kleine schets (zo groot als je duim) waarin je het idee versimpelt. Focus op de belangrijkste elementen en laat onnodige details weg.

Waarom?

Door te versimpelen wordt de hoofdvorm duidelijk en blijft het makkelijker om later aanpassingen te maken.

Hoe?

Denk terug aan je bouw-werk uit stap 1. Maak een kleine schets (ongeveer duim-grootte) met daarin de versimpelde vorm van het idee wat je hebt bedacht. Bedenk vervolgens: welke details van mijn idee zijn écht nodig, en welke kan ik eigenlijk gewoon weglaten?

Ideeën bedenken

In de brainstormfase gebruik je deze stap heel veel (of zelfs bijna alleen maar). Vaak is het niet nodig om een heel uitgebreide tekening te maken als je nog ideeën aan het bedenken bent. Pas wanneer je één idee kiest om mee verder te gaan, kan je meer details toevoegen. Tot die tijd: hou het simpel.

Ideeën presenteren

In de presentatie-fase gebruik je deze stap als een opzet voor je tekening. Door een kleine 'test-schets' te maken kan je kijken of je de schets vind werken ja of nee. Misschien moet je bepaalde dingen duidelijker maken, meer details toevoegen, of juist dingen weglaten. In een kleine schets kan je dit testen voordat je aan de uiteindelijke tekening begint. Daarvoor geldt overigens ook: hou het simpel. Hoe meer detail, hoe moeilijker het vaak is voorde kijker om te begrijpen wat je bedoelt. Probeer hierin dus een goede balans te vinden

Tips

- Maak je eerste schets zo klein als je duim.
- Zoek de hoofdvorm van je idee
- Laat details eerst weg
- Maak meerdere kleine schetsen
- Test je schets: bij anderen of bij jezelf!

Theorie

Wanneer je een idee versimpelt, verdeel je een complexe vorm in eenvoudige onderdelen. Je hersenen verwerken informatie namelijk makkelijker wanneer deze is opgebouwd uit duidelijke en herkenbare vormen. Door klein en simpel te tekenen, dwing je jezelf om eerst naar de hoofdvorm te kijken in plaats van naar details. Hierdoor wordt het makkelijker om het geheel te begrijpen en later aan te passen. Wanneer een tekening te snel te gedetailleerd wordt, kan het moeilijker worden om veranderingen te maken, omdat details de aandacht afleiden van de hoofdvorm. In de brainstormfase helpt versimpelen om snel veel ideeën te onderzoeken. In de presentatiefase helpt een kleine testschets om te controleren of de opbouw van de tekening werkt voordat je tijd investeert in details. Versimpelen is daarom niet alleen een manier om sneller te tekenen, maar ook een manier om bewuster keuzes te maken in wat echt belangrijk is in een vorm.

Docent informatie

Waarom versimpelen?

De punten hieronder leggen uit waarom stap 3 belangrijk is. Je kunt deze redenen ook met leerlingen delen in je les. Dit geeft hen inzicht in waarom ze doen wat ze doen.

Het sluit aan bij het niveau van leerlingen. Leerlingen zijn meestal (nog) niet in staat om complexe, gedetailleerde ideeën meteen op een communicatieve manier weer te geven. Wanneer ze dit toch proberen, raken tekeningen vaak onduidelijk of rommelig. Door eerst te versimpelen, bouwen ze stap voor stap naar duidelijkheid.

Het dwingt tot keuzes maken. Versimpelen betekent niet alleen dingen weglaten, maar ook nadenken over wat essentieel is. Soms helpt het juist om onderdelen los van elkaar te tekenen in plaats van alles in één beeld te proppen.

Het helpt bij compositie en verhoudingen. Een schets op duimgrootte maakt het makkelijker om de layout van de tekening te bepalen. Leerlingen kijken automatisch naar het geheel: waar komt wat te staan, en hoe verhouden onderdelen zich tot elkaar? Omdat de schets klein is, verdwijnen details vanzelf naar de achtergrond.

Het maakt tekenen sneller en flexibeler. Een duimschets is snel gemaakt en net zo snel aangepast. Dit verlaagt de drempel om opnieuw te beginnen of varianten te maken. Een grote, uitgewerkte tekening aanpassen kost veel meer moeite en leidt sneller tot vasthouden aan een minder goed idee.

Het stimuleert iteratief werken. Doordat de schets klein en snel is, kunnen leerlingen meerdere versies maken en vergelijken. Dit helpt hen om bewuster keuzes te maken en hun idee te verbeteren.

Hoe begeleid je deze stap als docent:

- Stuur actief op klein werken Laat leerlingen echt op duimgrootte werken.
- Stel gerichte vragen
  - “Wat is het belangrijkste in jouw tekening?”
  - “Wat kan er weg zonder dat het idee verloren gaat?”
  - “Kun je dit opdelen in meerdere kleine schetsen?”
- Stimuleer meerdere schetsen Laat leerlingen minimaal 2–3 duimschetsen maken van hetzelfde idee.
- Gebruik tijdsdruk Geef korte tijd (bijv. 1 minuut per schets) om snelheid en beslissingen te stimuleren.
- Koppel terug naar het vervolg Leg uit dat deze schets de basis vormt voor een grotere, uitgewerkte tekening.

Verdiepende Theorie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce elementum tellus sit amet ipsum vulputate, vel vehicula ipsum aliquet. Nullam nec rhoncus eros. Suspendisse nec nulla mi. Sed efficitur ut quam congue egestas. Vestibulum nec metus dignissim turpis luctus vehicula. Integer vehicula justo eu metus pretium gravida. Nunc vitae est ut nisi tempus venenatis id ac velit. Integer congue semper auctor. Duis et mattis arcu, sed tincidunt felis. Proin posuere feugiat turpis in laoreet.

Kaart 4: Stempel

Gebruik de stempels om de basis van je idee op papier te zetten.

Waarom?

Teken in 3D is moeilijk, maar niet onmogelijk. Om je een handje te helpen hebben we stempels gemaakt. Deze stempels weergeven alle basisfiguren in perspectief. Hierdoor staat de basis van je tekening meteen goed en kan jij ongestoord verder met het tekenen van je idee door voort te bouwen op de gestempelde vorm.

Hoe?

Ga terug naar stap 1 en stap 3: uit welke basisfiguren bestaat jou idee. Is er eentje die eruit springt? Pak die stempel en druk hem op je vel. De lichtgrijze inkt zalt straks weg tegen jou tekening waardoor je bijna niks meer van de stempel zal zien.

Ideeën bedenken

De stempels kan je het beste gebruiken als je nog tussen een paar ideeën twijfelt. Het helpt dan om ze wat verder uit te tekenen. Het gebruik van de stempels helpt hierbij en versnelt het process.

Ideeën presenteren

Als je een presentatie-tekening gaat maken komen de stempels zeer goed van pas. Presentatie-tekeningen zijn vaak gedetailleerder. Het gebruik kan de stempels zorgt ervoor dat je basis netjes in perspectief staat waardoor jij de ruimte hebt om je te focussen op vorm en detail.

Tips

- Zoek de belangrijkste vorm
- Gebruik niet meerdere stempels in één tekening. Dat kan helaas niet. Je perspectief klopt dan niet meer.
- Bouw verder op de gestempelde vorm. Gebruik de stempel als startpunt, niet als eindpunt.
- Kijk goed naar de richting van de stempel. Let op hoe de vorm in de ruimte staat voordat je stempelt.

Theorie

Tekenen in 3D vraagt om ruimtelijk inzicht: het vermogen om vormen in de ruimte voor te stellen en correct weer te geven. Dit kan lastig zijn, vooral wanneer je nog aan het leren bent hoe perspectief werkt.
Door gebruik te maken van hulpmiddelen, zoals stempels met basisvormen in perspectief, wordt een deel van deze uitdaging kleiner. De stempel zorgt ervoor dat de basisvorm al correct in perspectief staat. Hierdoor hoef je minder na te denken over technische details en kun je je meer richten op het ontwikkelen van je idee.

Wil je wat meer uitdaging? probeer dan eens zelf de vormen op de stempels na te tekenen op je blad. Gebruik vervolgens die vorm als basis voor je tekening. Let erop dat je licht tekent!

Docent informatie

Waarom stempels?

Tekenen in 3D en perspectief is voor veel leerlingen lastig. Om hen hierbij te ondersteunen, wordt in deze stap gewerkt met stempels van basisvormen (zoals kubus, cilinder, kegel en bol) in perspectief. Deze vormen bieden een stevig startpunt waarop leerlingen verder kunnen bouwen.

Het verlaagt de drempel bij perspectieftekenen. Veel leerlingen raken ontmoedigd wanneer ze direct in perspectief moeten tekenen. Door een eerste stap voor hen te zetten met stempels, ervaren ze sneller succes en durven ze verder te werken aan hun tekening.

Het stimuleert opbouwend tekenen. De stempel vormt de basis van de tekening. Leerlingen bouwen hier vervolgens op verder: van groot naar klein, van globaal naar gedetailleerd. Dit helpt hen om gestructureerd te werken in plaats van willekeurig details toe te voegen.

Het helpt bij het (her)structureren van vormen. Door gebruik te maken van basisvormen in perspectief. kijken de leerlingen opnieuw naar een versimpelde versie van hun idee: uit welke vormen bestaat dit eigenlijk? De stempel helpt hen om hun idee te vertalen naar een duidelijke ruimtelijke opbouw (die later ook weer belangrijk kan zijn bij verwerken in CAD).

Het ondersteunt de ontwikkeling van ruimtelijk inzicht. Het werken met vormen in perspectief helpt leerlingen om beter te begrijpen hoe objecten zich gedragen in de ruimte. Ze zien hoe vormen draaien, overlappen en zich tot elkaar verhouden.

Het houdt de focus op het idee, niet op de techniek. Door de technische drempel te verlagen, blijft de aandacht liggen op het ontwikkelen en communiceren van het idee. Dat is het hoofddoel van deze fase.

Hoe begeleid je deze stap als docent:

- Introduceer de stempels als hulpmiddel, niet als ‘valsspelen’ Benadruk dat het doel is om beter te leren denken en communiceren, niet om alles perfect zelf te kunnen tekenen. Daarnaast is de stempel het begin van een 3D tekening. de leerlingen moeten hier zelf op voortbouwen (in 3D).
- Blijf de koppeling maken met basisvormen Vraag: “Welke vorm heb je hier gestempeld en waarom?”
- Gebruik maar 1 stempel per tekening. Zoals je misschien zult merken kan je niet “meerdere stempels aan elkaar stempelen”. Hierdoor klopt het perspectief niet meer namelijk. Het is belangrijk dat leerlingen echt maar 1

stempel gebruiken en hier zelf in perspectief op door tekenen.

- Alleen voor 3D tekeningen: Wat belangrijk is voor de leerlingen is dat deze stap optioneel is. Als ze bijvoorbeeld aan het werken zijn aan een storyboard kan een 2D versie vaak beter communiceren wat het idee is dan een complexe 3D tekening. Laat ze hier bewuste keuzes in maken

Variatie: instructie perspectief tekenen

- Geef een aparte les of korte instructie perspectieftekenen Voor klassen die hier klaar voor zijn, kan een verdiepende les over perspectief (bijv. één- of tweepuntsperspectief) helpen om het begrip verder te versterken. De stempels kunnen dan dienen als opstap naar zelfstandig tekenen in perspectief. Hoe je dat kan doen staat hieronder beschreven!
- Als niet de hele klas hieraan toe is, maar een aantal leerlingen wél extra uitdaging kunnen gebruiken kan je de leerlingen simpel uitdagen door ze te vragen om de basisvorm in perspectief na te tekenen in plaats van te stempelen. Hierdoor zetten zij de eerste perspectiefische stap zelf en trainen zij door middel van tekenen naar observatie, hoe perspectief tekenen werkt.

Verdiepende Theorie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce elementum tellus sit amet ipsum vulputate, vel vehicula ipsum aliquet. Nullam nec rhoncus eros. Suspendisse nec nulla mi. Sed efficitur ut quam congue egestas. Vestibulum nec metus dignissim turpis luctus vehicula. Integer vehicula justo eu metus pretium gravida. Nunc vitae est ut nisi tempus venenatis id ac velit. Integer congue semper auctor. Duis et mattis arcu, sed tincidunt felis. Proin posuere feugiat turpis in laoreet.

Instructie perspectief tekenen

Kaart 5: Van groot naar klein

Teken de hoofdvorm licht en eenvoudig. Werk eerst globaal en voeg later details toe.

Waarom?

Nu je je basisfiguur hebt gekozen, kun je beginnen met tekenen. Werk hierbij van groot naar klein. Door eerst de grote vormen te tekenen, maak je minder fouten en raak je minder snel verdwaald in kleine details.

Hoe?

Begin met het toevoegen van andere hoofdvormen. Vaak bestaat je idee uit meerdere basisfiguren. Teken deze vormen vast aan je gestempelde figuur. Het kan zijn dat je de vormen licht moet aanpassen zodat ze goed op elkaar aansluiten. Pas wanneer de volledige basisvorm staat, begin je met het toevoegen van details.

Ideeën bedenken

In deze fase maak je snelle, simpele schetsen met alleen de hoofdvormen. Je denkt nog niet na over details, maar vooral over de opbouw en verhoudingen. Zo kun je makkelijk meerdere ideeën uitproberen en aanpassen.

Ideeën presenteren

Hier zorg je dat de basisvorm nog steeds duidelijk zichtbaar is, maar werk je deze netjes uit met details. Je bouwt je tekening rustig op in lagen: eerst de grote vormen, daarna de kleinere onderdelen. Alles ziet er verzorgd uit, maar blijft overzichtelijk.

Tips

- Begin met lichte lijnen, zodat je makkelijk kunt aanpassen.
- Gebruik simpele vormen (zoals cirkels en rechthoeken) als basis.
- Check eerst of de verhoudingen kloppen voordat je details toevoegt.
- Zoom als het ware uit: klopt het geheel?
- Voeg pas details toe als de basis goed is.
- Werk in stappen en neem af en toe afstand van je tekening.

Theorie

Dit principe heeft te maken met opbouw en structuur in beeldend werken. Ons brein herkent eerst grote vormen en daarna pas details. Door hier rekening mee te houden, maak je een tekening die logisch en overzichtelijk is opgebouwd. Dit wordt ook veel gebruikt in kunst en design, omdat een sterke basis (compositie en verhoudingen) zorgt voor een beter eindresultaat.

Docent informatie

Waarom van groot naar klein?

De punten hieronder leggen uit waarom stap 5 belangrijk is. Je kunt deze redenen ook met leerlingen delen in je les. Dit geeft hen inzicht in waarom ze doen wat ze doen.

Het voorkomt dat leerlingen verdwalen in details. Veel leerlingen hebben de neiging om meteen met kleine details te beginnen. Dit leidt vaak tot tekeningen waarin de verhoudingen niet kloppen of het geheel onduidelijk blijft. Door eerst de grote vormen te tekenen, behouden ze overzicht.

Het zorgt voor een sterke en logische opbouw. Door van groot naar klein te werken, ontstaat er een duidelijke structuur in de tekening. Elke volgende stap bouwt voort op de vorige, wat zorgt voor samenhang en rust in het beeld.

Het sluit aan bij hoe ons brein werkt. Ons brein herkent eerst grote vormen en globale verhoudingen, en pas daarna details. Door deze natuurlijke volgorde te volgen, maken leerlingen tekeningen die makkelijker te begrijpen zijn.

Het versterkt ruimtelijk inzicht en verhoudingsgevoel. Door eerst de hoofdvormen goed neer te zetten, krijgen leerlingen beter grip op de verhoudingen en plaatsing van onderdelen. Dit is essentieel voor een overtuigende tekening.

Het stimuleert iteratief en fouttolerant werken. Wanneer leerlingen beginnen met lichte, globale lijnen, kunnen ze eenvoudig aanpassingen maken. Dit verlaagt de druk om het meteen “goed” te doen en moedigt experimenteren aan.

Het sluit aan bij manier van digitaal tekenen. Bij digitaal tekenen werk je met lagen. In iedere “laag” teken je een ander gedeelte van je tekening. Bijvoorbeeld in laag 1 de basisvormen in schetsvorm. in laag 2 de aangepaste globale vorm van je ontwerp, in laag 3 details en in laag 4 kleur. Analoog deze manier van werken alsvast gebruiken verkleint de stap naar digitale tekenprogramma’s zoals procreate en photoshop.

Hoe begeleid je deze stap als docent:

- Grijp in bij te vroeg detailleren. Als leerlingen meteen details tekenen, stuur ze terug: eerst de grote vormen laten kloppen.
- Laat bewust in lagen werken. Benadruk de volgorde: hoofdvorm → kleinere vormen → details.
- Stel gerichte vragen
  - “Klopt de basisvorm al?”
  - “Hoe verhouden deze vormen zich tot elkaar?”
  - “Zie je het geheel nog, of zit je al in de details?”
- Stimuleer licht tekenen. Moedig leerlingen aan om met lichte lijnen te beginnen, zodat aanpassen makkelijk blijft.
- Laat afstand nemen. Laat leerlingen af en toe letterlijk of figuurlijk “uitzoomen” en naar het geheel kijken.
- Koppel aan eerdere stappen. Verwijs terug naar de duimschets en basisvormen: klopt de grote opzet nog?

Verdiepende Theorie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce elementum tellus sit amet ipsum vulputate, vel vehicula ipsum aliquet. Nullam nec rhoncus eros. Suspendisse nec nulla mi. Sed efficitur ut quam congue egestas. Vestibulum nec metus dignissim turpis luctus vehicula. Integer vehicula justo eu metus pretium gravida. Nunc vitae est ut nisi tempus venenatis id ac velit. Integer congue semper auctor. Duis et mattis arcu, sed tincidunt felis. Proin posuere feugiat turpis in laoreet.

Kaart 6: Herhaal en verbeter

Je tekening is zelden in één keer goed. Teken dezelfde opzet opnieuw en pas dingen aan. Door opnieuw te tekenen wordt je idee duidelijker en sterker. Dit heet: Iterenen.

Waarom?

Itereren heeft heel veel voordelen. Hieronder zetten we er een aantal voor je op een rijtje:

- Ideeën worden beter door herhaling
- Fouten worden zichtbaar
- Creativiteit groeit door variatie
- De tekening wordt steeds beter, en jij ook!

Hoe?

Maak meerdere versies van je tekening in plaats van alles in één keer goed te willen doen. Na elke schets kijk je wat beter kan en pas je je idee aan. Zo wordt je ontwerp stap voor stap duidelijker en sterker.

Ideeën bedenken

In deze fase maak je veel snelle schetsen van hetzelfde idee. Je probeert verschillende varianten uit en kijkt wat het beste werkt. Fouten maken is hier juist goed, want daarvan leer je.

Ideeën presenteren

Hier kies je je beste versie en werk je die netjes uit. Je laat zien dat je je idee hebt verbeterd door eerdere schetsen eventueel erbij te tonen. Je eindtekening is duidelijk en doordacht.

Tips

- Begin met snelle, ruwe schetsen (niet meteen netjes willen werken).
- Maak bewust meerdere varianten van hetzelfde idee.
- Stel jezelf steeds één verbeterpunt per versie (bijv. vorm, functie of detail).
- Vraag feedback aan de docent en je groepje, en verwerk die in een volgende schets.
- Bewaar oude versies zodat je je vooruitgang ziet.

Theorie

Itereren betekent dat je je tekening steeds opnieuw bekijkt, verbetert en weer aanpast. Ontwerpen gaat dus in rondjes (denk aan de ontwerp-cyclus): je bedenkt iets, maakt een schets, kijkt wat beter kan en probeert het opnieuw. Je let daarbij op dingen zoals of je idee werkt, er mooi uitziet en handig is. Door feedback te gebruiken en zelf na te denken over je keuzes, wordt je ontwerp steeds beter. Zo leer je niet alleen een communicatieve tekening maken, maar ook hoe je slimmer ontwerpt.

Docent informatie

Waarom herhalen en verbeteren?

In deze stap leren leerlingen dat een tekening niet in één keer "af" hoeft te zijn. Door dezelfde opzet meerdere keren te tekenen en steeds kleine aanpassingen te doen, wordt het idee stap voor stap sterker en duidelijker. Dit proces noemen we itereren.

Het doorbreekt het idee van 'in één keer goed'. Veel leerlingen denken dat hun eerste tekening meteen goed moet zijn. Dit zorgt voor druk en belemmert hun proces. Itereren laat zien dat verbeteren juist de kern is van ontwerpen.

Het maakt fouten zichtbaar en bruikbaar. Door een tekening opnieuw te maken, zien leerlingen beter wat niet werkt. Fouten worden geen eindpunt, maar een startpunt voor verbetering.

Het versterkt ideeën door herhaling. Elke nieuwe versie is een kans om keuzes te verfijnen. Leerlingen denken opnieuw na over vorm, functie en communicatie, waardoor hun idee steeds duidelijker wordt.

Het stimuleert creativiteit door variatie. Door meerdere versies te maken, ontdekken leerlingen alternatieven. Dit voorkomt dat ze blijven hangen in hun eerste idee en vergroot de kans op betere oplossingen.

Het ontwikkelt ontwerpvaardigheden. Itereren is een kernonderdeel van het ontwerpproces in science & engineering. Leerlingen leren niet alleen beter tekenen, maar ook beter ontwerpen: testen, evalueren en verbeteren.

Het vergroot eigenaarschap en zelfvertrouwen. Wanneer leerlingen hun eigen vooruitgang zien, groeit hun vertrouwen. Ze ervaren dat ze grip hebben op hun proces en dat verbetering haalbaar is.

Hoe begeleid je deze stap als docent:

- Normaliseer herhalen en verbeteren. Benadruk dat meerdere versies maken de bedoeling is, niet een teken van falen.
- Stuur op variatie, niet op kopiëren. Laat leerlingen niet exact hetzelfde overtrekken, maar actief iets veranderen per versie.
- Stel gerichte vragen
  - "Wat heb je aangepast ten opzichte van je vorige versie?"
  - "Waarom is deze versie beter?"
  - "Wat zou je in een volgende versie anders doen?"
- Werk met kleine verbeterstappen. Laat leerlingen per versie focussen op één verbeterpunt (bijv. vorm, verhouding of duidelijkheid).

- Stimuleer feedbackmomenten. Laat leerlingen kort feedback ophalen bij jou of bij klasgenoten en dit direct verwerken.
- Laat proces zichtbaar maken. Vraag leerlingen om eerdere versies te bewaren en eventueel naast elkaar te leggen.

Verdiepende Theorie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce elementum tellus sit amet ipsum vulputate, vel vehicula ipsum aliquet. Nullam nec rhoncus eros. Suspendisse nec nulla mi. Sed efficitur ut quam congue egestas. Vestibulum nec metus dignissim turpis luctus vehicula. Integer vehicula justo eu metus pretium gravida. Nunc vitae est ut nisi tempus venenatis id ac velit. Integer congue semper auctor. Duis et mattis arcu, sed tincidunt felis. Proin posuere feugiat turpis in laoreet.

Kaart 7: Vertel een verhaal

Denk na over hoe je duidelijk maakt wat er gebeurt of hoe het werkt. Je kunt dit doen door gebruik te maken van symbolen en iconen:

- emotie
- actie
- relatie
- functie

Waarom?

Emotie, actie, relaties en functie zijn 4 elementen die moeilijk zijn om letterlijk te tekenen. Vaak wordt door het gebruik van een symbool of icoon, meteen duidelijk wat er wordt bedoeld. Symbolen zijn vaak universeel waardoor ze door iedereen kunnen worden begrepen. Iedereen weet bijvoorbeeld dat een kruisje, fout betekend en een vinkje, goed!

Hoe?

Denk na over hoe je duidelijk maakt wat er gebeurt. Je kunt dit doen door gebruik te maken van:

- emotie (wat voelt het personage?)
- actie (wat gebeurt er?)
- relaties (hoe verhouden elementen zich tot elkaar?)
- functie (wat doet het/waarvoor is het bedoeld?)

Ideeën bedenken

In deze fase ga je experimenteren met hoe je jouw idee duidelijk kunt maken. Je maakt snelle schetsen waarin je verschillende manieren uitprobeert: bijvoorbeeld een gezichtje voor emotie, pijlen voor actie of simpele iconen voor functie. Het hoeft nog niet mooi, als het maar helpt om je idee beter te begrijpen.

Ideeën presenteren

Hier werk je je beste idee netjes uit zodat anderen het meteen snappen. Je kiest duidelijke symbolen en zorgt dat emotie, actie, relaties en functie goed zichtbaar zijn in je tekening. Je tekening moet als het ware “voor zichzelf spreken”, zonder dat je veel hoeft uit te leggen.

Tips

- Gebruik simpele en herkenbare symbolen (zoals pijlen, vinkjes, gezichtjes).
- Overdrijf een beetje: maak emoties en acties extra duidelijk zichtbaar.
- Houd het simpel: te veel symbolen maken je tekening juist onduidelijk.
- Test je tekening: laat iemand anders kijken of die het meteen begrijpt.
- Combineer symbolen en iconen met eventueel een klein beetje tekst als dat helpt.
- Kijk naar voorbeelden van iconen (zoals apps) voor inspiratie.

Theorie

Zie overzicht op de volgende bladzijde.

Docent informatie

Waarom een verhaal vertellen?

In deze stap leren leerlingen hoe ze hun tekening niet alleen visueel correct maken, maar ook begrijpelijk. Het gaat hier om het overbrengen van betekenis: wat gebeurt er, hoe werkt iets, en waarom is dat belangrijk? Dit doen ze door gebruik te maken van symbolen en iconen, zoals pijlen, gezichtjes of andere visuele aanwijzingen.

Het maakt abstracte informatie zichtbaar. Elementen zoals emotie, actie, relaties en functie zijn moeilijk letterlijk te tekenen. Door symbolen te gebruiken, kunnen leerlingen deze abstracte aspecten toch duidelijk maken.

Het versterkt de communicatieve kracht van de tekening. Een tekening is pas effectief als een ander hem begrijpt. Symbolen helpen om snel en duidelijk informatie over te brengen, zonder dat er veel tekst nodig is.

Het sluit aan bij universele beeldtaal. Veel symbolen zijn universeel herkenbaar (bijv. pijlen, vinkjes, kruisjes). Hierdoor kunnen tekeningen door een breed publiek worden begrepen, ook zonder uitleg.

Het helpt bij het structureren van informatie. Door bewust na te denken over emotie, actie, relaties en functie, leren leerlingen hun idee beter organiseren. Ze denken na over: wat gebeurt er precies, en hoe laat ik dat zien?

Het ondersteunt systeemdenken. Leerlingen leren niet alleen losse onderdelen tekenen, maar ook verbanden en processen. Dit is essentieel binnen science & engineering, waar vaak sprake is van systemen en interacties.

Hoe begeleid je deze stap als docent:

- Introduceer de vier elementen expliciet Emotie – actie – relatie – functie. Laat leerlingen hier bewust langsgaan.
- Stel gerichte vragen
  - “Wat gebeurt hier precies?”
  - “Hoe laat je zien dat dit beweegt/verandert?”
  - “Wat is de relatie tussen deze onderdelen?”
  - “Hoe maak je duidelijk wat de functie is?”
- Stimuleer het gebruik van simpele symbolen Moedig herkenbare iconen aan (pijlen, gezichtjes, symbolen) in plaats van complexe tekeningen.
- Voorkom overdaad Help leerlingen om keuzes te maken: te veel symbolen maken een tekening juist onduidelijk.
- Laat testen door anderen Laat leerlingen hun tekening aan een klasgenoot laten zien zonder uitleg. Begrijpt de ander het?
- Koppel aan het doel en publiek (stap 2) Past de gekozen beeldtaal bij wie de tekening moet begrijpen?

Verdiepende Theorie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce elementum tellus sit amet ipsum vulputate, vel vehicula ipsum aliquet. Nullam nec rhoncus eros. Suspendisse nec nulla mi. Sed efficitur ut quam congue egestas. Vestibulum nec metus dignissim turpis luctus vehicula. Integer vehicula justo eu metus pretium gravida. Nunc vitae est ut nisi tempus venenatis id ac velit. Integer congue semper auctor. Duis et mattis arcu, sed tincidunt felis. Proin posuere feugiat turpis in laoreet.

Kaart 8: Lijn, Kleur en Achtergrond

Kleuren, lijndikte en de achtergrond van je tekening kunnen helpen om belangrijke onderdelen op te laten vallen. Bepaal welke elementen het belangrijkst zijn en geef deze extra nadruk.

Waarom?

Kleur, lijndikte en achtergrond helpen om de aandacht te sturen. Je kijker ziet daardoor meteen wat belangrijk is in jouw tekening. Zonder deze nadruk kan een tekening rommelig of onduidelijk worden.

Hoe?

Je kiest bewust wat het belangrijkst is en laat dat opvallen. Dit kun je doen door felle kleuren te gebruiken, dikkere lijnen te tekenen of de achtergrond juist rustiger te maken. Minder belangrijke dingen teken je lichter, dunner of simpeler.

Ideeën bedenken

In deze fase ga je uitproberen wat werkt. Je maakt snelle schetsen waarin je bijvoorbeeld verschillende kleuren of lijndiktes test. Het hoeft nog niet netjes: je kijkt vooral wat helpt om jouw idee duidelijker te maken.

Ideeën presenteren

Hier werk je je tekening netjes uit. Je gebruikt kleur, lijndikte en achtergrond bewust om de belangrijkste onderdelen extra te laten opvallen. Je zorgt dat iemand jouw idee in één oogopslag begrijpt.

Tips

- Gebruik niet te veel kleuren (2–4 is vaak genoeg).
- Maak belangrijke lijnen dikker en opvallender.
- gebruik de achtergrond om de functie van je tekening te benadrukken: geen achtergrond = alle aandacht naar de voorgrond, wel een achtergrond: je betrekt de omgeving bij je verhaal.
- Gebruik contrast (licht/donker, groot/klein) voor extra nadruk.
- Kijk of je tekening ook zonder uitleg duidelijk is.
- Test je werk: vraag iemand wat als eerste opvalt.

Theorie

Dit principe heet visuele hiërarchie: je stuurt de aandacht van de kijker door verschillen in kleur, grootte en lijngebruik. Ons brein ziet eerst wat het meest opvalt (bijvoorbeeld fel, groot of donker). Door hier slim gebruik van te maken, kun je bepalen wat iemand als eerste, tweede en derde ziet. Dit wordt veel gebruikt in design, zoals bij posters, apps en websites, om informatie duidelijk en overzichtelijk te maken.

Docent informatie

Waarom een Kleur, Lijn en Achtergrond?

In deze stap leren leerlingen hoe ze hun tekening visueel kunnen versterken door gebruik te maken van lijn, kleur en achtergrond. Het doel is om de aandacht van de kijker te sturen en duidelijk te maken wat belangrijk is.

Stuurt de aandacht van de kijker. Zonder nadruk ziet een kijker alles tegelijk, waardoor een tekening onoverzichtelijk kan worden. Door verschillen aan te brengen in lijn, kleur en contrast, bepalen leerlingen wat als eerste opvalt.

Versterkt de duidelijkheid van de tekening. Belangrijke onderdelen springen eruit, terwijl minder belangrijke elementen naar de achtergrond verdwijnen. Dit maakt de tekening rustiger en makkelijker te begrijpen.

Ondersteunt visuele hiërarchie. Leerlingen leren dat niet alles even belangrijk is. Door bewust keuzes te maken in nadruk, bouwen ze een duidelijke volgorde in hun tekening: wat zie je eerst, daarna, en als laatste?

Sluit aan bij hoe ons brein kijkt. Ons brein ziet eerst wat opvalt: grote vormen, felle kleuren, sterke contrasten. Door hier gebruik van te maken, kunnen leerlingen hun boodschap effectiever overbrengen.

Verbindt vorm en inhoud. De manier waarop iets getekend is (lijn, kleur, achtergrond) draagt direct bij aan de betekenis. Bijvoorbeeld: een drukke achtergrond kan een context toevoegen, terwijl een lege achtergrond juist focus creëert.

Brengt de tekening naar een eindniveau. Deze stap zorgt ervoor dat een schets verandert in een duidelijke, communicatieve eindtekening. Het is de afwerking die het verschil maakt tussen “een tekening” en “een goed verhaal”.

Hoe begeleid je deze stap als docent:

- Laat leerlingen bewust kiezen Vraag niet of ze kleur gebruiken, maar waarom en waarvoor.
- Stel gerichte vragen
  - “Wat moet als eerste opvallen?”
  - “Hoe maak je dat onderdeel sterker zichtbaar?”
  - “Wat kan rustiger, zodat de focus duidelijker wordt?”
- Stimuleer beperking: Moedig aan om met een beperkt aantal kleuren (2–4) te werken om overzicht te behouden.
- Benadruk contrast: Laat leerlingen experimenteren met licht/donker, dik/dun en groot/klein.

- Koppel aan eerdere stappen: Verwijs terug naar doel en publiek (stap 2): sluit de gekozen nadruk aan bij wat je wilt communiceren?
- Laat testen door anderen: Vraag: “Wat valt je als eerste op?” Komt dit overeen met de bedoeling?

Verdieping Kleur, Lijn en Achtergrond

In deze categorie is er heel veel mogelijkheid tot verdieping (afhankelijk van het doel van de tekening. Die verdiepende onderdelen delen we op in 4 categorieen:

- lijn
- kleur
- achtergrond
- gestalt

Verdiepende Theorie

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Fusce elementum tellus sit amet ipsum vulputate, vel vehicula ipsum aliquet. Nullam nec rhoncus eros. Suspendisse nec nulla mi. Sed efficitur ut quam congue egestas. Vestibulum nec metus dignissim turpis luctus vehicula. Integer vehicula justo eu metus pretium gravida. Nunc vitae est ut nisi tempus venenatis id ac velit. Integer congue semper auctor. Duis et mattis arcu, sed tincidunt felis. Proin posuere feugiat turpis in laoreet.

Handleiding

DRWCRDS

8 INSTRUCTIE-KAARTEN VOOR EEN COMMUNICATIEVE TEKENING!

Deze kaarten helpen je om een duidelijke communicatieve tekening te maken. In plaats van zomaar te tekenen, werk je stap voor stap aan een idee dat anderen goed kunnen begrijpen.

Doel:
Aan het einde heb je een tekening die:
- duidelijk laat zien wat je bedoelt
- makkelijk te begrijpen is voor anderen
- stap voor stap is verbeterd

je kunt deze kaarten er iedere O&O les weer bij pakken om je te helpen met tekenen en hij is toe te passen in alle fases van het ontwerp- en onderzoeksproces! De stappen zijn toe te passen op ieder soort tekening. Twijfel je wat voor soort tekening je wilt gaan maken? Hier zijn alvast een aantal suggesties:
- De werking/ het uiterlijk of het gebruik van je ontwerp
- Exploded view
- Een plattegrond
- Een storyboard (verhaal-tekening)
- Een Infographic (informatie-tekeningen)
- Een poster

HOE GEBRUIK JE ZE?

- Leg alle kaarten voor je neer.
- Werk ze één voor één af, van stap **1** t/m **8** (zie de rechterbovenhoek van de kaart).
- Bij elke stap pas je je tekening aan of maak je een nieuwe versie.
- Je hoeft niet meteen perfect te werken, verbeteren is juist de bedoeling.
- Belangrijk: je mag altijd teruggaan naar een eerdere stap als dat nodig is.

Je kan de kaarten op meerdere manieren gebruiken:

De snelle versie | Gebruik alleen de voor en achterkant van de kaarten! Hierop staat genoeg informatie om van start te gaan en uiteindelijk te eindigen met een goede, communicatieve tekening.

De uitgebreide versie | Onderaan de kaarten zie je 3 symbolen. Deze symbolen kan je raadplegen als je meer informatie wil over wat je aan het doen bent.

Waarom en Hoe?
Waarom ga je deze stap uitvoeren en hoe werkt die stap precies?

Ideeën bedenken of presenteren
Vaak verschilt de invulling van de stap een beetje aan de hand van het doel van de tekening. Daarom wordt die invulling altijd specifiek uitgelegd in het domein van ideeën bedenken (brainstormen) → een proces tekening, én in het domein van ideeën presenteren → een presentatietekening.

Tips en Theorie
Wil je meer tips, of écht de diepte in duiken, dan kan je bij tips en theorie extra informatie vinden over hoe je deze stap moet aanpakken.

Hoe weet je of het goed is?
Stel jezelf deze vragen:
- Begrijpt iemand anders mijn tekening zonder uitleg?
- Is meteen duidelijk wat belangrijk is?
- Heb ik mijn idee verbeterd ten opzichte van mijn eerste schets?



Leerlijn communicatief en iteratief tekenen

Onderbouw havo/vwo

Een idee bouwen in basisvormen
Kaart 1

Bepalen van doel en publiek
Kaart 2

Versimpelen van het idee
Kaart 3

Maken van een basisopzet
Kaart 4

DRWCRDS

Inleiding

In deze leerlijn staat de ontwikkeling van 8 communicatieve en iteratieve tekenvaardigheden beschreven voor de eerste tot de derde klas van de havo en het vwo. In stappen staat beschreven wat leerlingen zouden moeten leren in de vorm van leerdoelen, en wat de rol van docent hierin is. De leerlijn is bedoeld als een ondersteuning in het maken van lesplannen rondom het onderwerp **communicatief en iteratief tekenen** binnen het vak O&O (onderzoek & ontwerpen).

Voor het ontwikkelen van tekenvaardigheden is een ondersteunende tool ontworpen: DRWCRDS. Deze tool helpt leerlingen zelfstandig aan de slag te gaan met tekenen binnen O&O projecten. De tool bestaat uit 8 stappenkaarten die de leerlingen door een teken-proces heen begeleiden. Deze leerlijn is aangepast aan de stappen die bij het gebruik van de tool worden genomen. De leerlijn geeft (samen met de docentenhandleiding) houvast aan hoe de docent de tool kan inzetten binnen een O&O les en hoe de docent ondersteuning kan bieden aan de leerlingen die met de tool aan de slag gaan: voor een nog beter eindresultaat.

Voor meer informatie: Bekijk de docentenhandleiding.

Leerlijn communicatief en iteratief tekenen

Onderbouw havo/vwo

Werken van groot naar klein
Kaart 5

Ontwerp herhalen en verbeteren
Kaart 6

Vertel een verhaal met je tekening
Kaart 7

Lijn, kleur en achtergrond
Kaart 8

DRWCRDS



Een idee bouwen in basisvormen

Leerlingen gebruiken basisvormen zoals kubussen, cilinders, bollen en kegels om een idee uit hun hoofd om te zetten naar een eenvoudige ruimtelijke opbouw, waarbij de nadruk ligt op het versimpelen van vormen in plaats van (toevoegen van) details.

Kaart 1

Een idee bouwen in basisvormen

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling maakt kennis met het begrip: “basisvormen” en leert ze te herkennen in de wereld om zich heen. De leerling is actief bezig met observeren en vereenvoudigen van vormen.

Beleiding door de docent

De docent geeft een introductie tot basisfiguren (in de vorm van blokken). Ondersteuning bij kennismaking met DRWCRDS.



Kaart 1

Een idee bouwen in basisvormen

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling kan basisvormen herkennen in ideeën die ze in hun hoofd hebben en is in staat om deze ideeën fysiek te bouwen met behulp van blokken. De leerling is hierbij actief bezig met het ontwikkelen van visuele geletterdheid (visual literacy) en ruimtelijk inzicht.

Beleiding door de docent

De docent stimuleert leerlingen om vormen te combinerenen en stelt gerichte vragen over ruimtelijkheid en verhoudingen. De docent geeft feedback op de gebouwde constructie.



Kaart 1

Een idee bouwen in basisvormen

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling kan basisvormen herkennen in ideeën die ze in hun hoofd hebben en is in staat om deze ideeën fysiek te bouwen (met behulp van blokken). De leerling is hierbij actief bezig met het ontwikkelen van visuele geletterdheid (visual literacy) en ruimtelijk inzicht. Ook heeft de leerling aandacht voor ruimtelijke samenhang en verhoudingen. De leerling gebruikt de blokken om te itereren en is in staat om te experimenteren met vorm.

Beleiding door de docent

De docent laat de leerlingen ontwerpkeuzes onderbouwen en coacht de leerling in efficiënte vormopbouw op verschillende manier (zowel analoog als digitaal). Daarnaast stumleert de docent reflectie op communicatieve werking.



Bepalen van doel en publiek

Leerlingen gebruiken hun tekening om bewust na te denken over wat ze willen overbrengen en voor wie het bedoeld is.

Overkoepelende leerdoelen:

- De leerling kan uitleggen waarom tekenen van belang is in een ontwerp- en onderzoeksproces
- De leerling kan de vorm en uitwerking van een tekening afstemmen op het doel (ideeontwikkeling of presentatie).

Kaart 2

Bepalen van doel en publiek

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling leert na te denken over het uiteindelijke doel van de tekening. Hierbij leert de leerling bewust na te denken over voor wie de tekening bedoeld is.

Beleiding door de docent

Ondersteuning bij kennismaking met DRWCRDS. De docent laat de leerlingen bij ieder project al in het begin opschrijven wat de doelgroep en het doel van het ontwerp en de tekeningen ervan zijn.

Kaart 2

Bepalen van doel en publiek

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling stelt het publiek en het doel van de tekening van tevoren vast en is in staat te bepalen met wat voor soort tekening de boodschap (het doel) voor het publiek het meest duidelijk wordt.

Beleiding door de docent

De docent ondersteunt de leerling bij het nadenken over ontwerpkeuzes aan de hand van de doelgroep en koppelt gegeven feedback aan het doel en de doelgroep.

Kaart 2

Bepalen van doel en publiek

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling stelt het publiek en het doel van de tekening van tevoren vast en is in staat te bepalen met wat voor soort tekening de boodschap (het doel) voor het publiek het meest duidelijk wordt. Hierbij wordt nadruk gelegd op vaardigheden zoals het analyseren van de doelgroep en het bepalen van een strategische manier van communiceren (bijvoorbeeld tekenen om te informeren, overtuigen of te waarschuwen). De leerling maakt hierin bewuste keuzes, waarin begrip is van het effect van beeldtaal en de leerling laat zien dat hij/zij in staat is tot doelgroepgericht denken.

Beleiding door de docent

De docent begeleid de leerlingen in het kritisch analyseren of communicatie (van het doel naar de doelgroep) werkt zoals de leerling het had bedacht. Hierbij wordt de leerling gestimuleerd om keuzes te onderbouwen.

Versimpelen van het idee

Leerlingen gebruiken een kleine schets om hun idee te versimpelen tot de belangrijkste elementen en laten daarbij onnodige details weg.

Overkoepelende leerdoelen:

- De leerling kan een idee vertalen naar een eerste, globale schets.
- De leerling kan visuele hiërarchie aanbrengen om belangrijke onderdelen in een tekening te benadrukken.
- De leerling kan door middel van schetsen meerdere ideeën genereren.

Kaart 3

Versimpelen van het idee

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling leert dat complexe vormen eenvoudiger gemaakt kunnen worden door gebruik te maken van basisvormen uit stap 1, maar ook door dingen weg te laten.

Beleiding door de docent

Ondersteuning bij kennismaking met DRWCRDS.
De docent helpt leerlingen om te focussen op de hoofdvormen en stimuleert vereenvoudiging.

Kaart 3

Versimpelen van het idee

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling kan compexe vormen eenvoudigen en is hierbij in staat om hoofdzaken te onderscheiden van details. De leerling kan de vorm analyseren, selecteren, en structuren tot een een vorm die efficient te tekenen is maar nog steeds herkenbaar is voor de doelgroep.

Beleiding door de docent

De docent laat leerlingen nadenken over herkenbaarheid en verschillende niveaus van simplificatie. Hij/zij geeft feedback op het gebied van duidelijkheid (communicatieve waarde) van de tekening. (Is het met deze versimpeling nogsteeds duidelijk wat je precies bedoelt?).

Kaart 3

Versimpelen van het idee

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling is in staat om strategisch te abstraheren voor communicatie en ontwerp. De leerling kan complexe ideeën omzetten in duidelijke visuele symbolen of eenvoudige ontwerpen. Hij/ zij is in staat om doelgericht details weglaten om communicatie te versterken en vereenvoudiging in te zetten die passend is bij doelgroep en doel. De leerling kan een balans vinden tussen eenvoud en herkenbaarheid en kan iteratief testen welke versie het beste communiceert (Door meerdere kleine schetsen te maken).

Beleiding door de docent

De docent stimuleerd reflectie en abstract denken door kritische vragen te stellen over de communicatieve waarde van de tekening.

Maken van een basis-opzet

Leerlingen gebruiken stempels om de basis van hun idee snel, eenvoudig en in perspectief op papier te zetten.

Overkoepelende leerdoelen:

- De leerling kan visuele hiërarchie aanbrengen om belangrijke onderdelen in een tekening te benadrukken.

Kaart 4

Maken van een basis-opzet

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling leert een basis voor het ontwerp op te zetten door middel van het stempelen van de meeste belangrijke basisfiguur. De leerling is in staat om al tekenend voort te bouwen op het gestempelde basisfiguur. De leerling leert hierbij om ruimtelijk te kijken en diepte te begrijpen.

Beleiding door de docent

Ondersteuning bij kennismaking met DRWCRDS.
De docent helpt leerlingen kijken naar richting en diepte m.b.v. perspectifische voorbeelden. Hiermee zorgt de docent dat ruimtelijkheid zichtbaar gemaakt wordt.

Kaart 4

Maken van een basis-opzet

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling is in staat om op een communicatieve manier voort te bouwen op het gestempelde basisfiguur en erkent hierbij en houdt hierbij rekening met het bepaalde perspectief. De leerling ontwikkelt ruimtelijk inzicht en komt in aanraking met de beginselen van driedimensionale constructie.

Beleiding door de docent

De docent begeleid leerlingen in ruimtelijke logica en stelt vragen over overlapping en diepte. Hij/zij biedt ondersteuning bij het behouden van een consistente perspectiefrichting.

Kaart 4

Maken van een basis-opzet

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling is in staat om een perspectifisch correcte tekening te maken (met behulp van de basisfiguur-stempel) en kan hierbij perspectief bewust inzetten voor communicatie en ontwerp. De leerling heeft kennis gemaakt met construeren in 3D en begrijpt en is in staat om de beginselen hiervan correct toe te passen in een tekening.

Beleiding door de docent

De docent geeft als mogelijk een les in perspectief-tekenen om skill-level van de leerlingen te verhogen. (dit kan ook worden gedaan aan de hand van een tutorial via youtube).

Werken van groot naar klein

Leerlingen gebruiken een lichte en globale hoofdvorm als startpunt en bouwen hun tekening stap voor stap verder uit met steeds meer detail.

Overkoepelende leerdoelen:

- De leerling kan een idee vertalen naar een eerste, globale schets.
- De leerling kan visuele hiërarchie aanbrengen om belangrijke onderdelen in een tekening te benadrukken.

Kaart 5

Werken van groot naar klein

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling tekent eerst de grote vormen voordat details toegevoegd worden en begrijpt waarom deze manier van werken belangrijk is.

Beleiding door de docent

Ondersteuning bij kennismaking met DRWCRDS. De docent remt leerlingen af bij te snel detailleren en houdt grote vormen centraal.

Kaart 5

Werken van groot naar klein

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling kan bewust hierarchie aanbrenegen in een tekening. Hierbij wordt de tekening opgebouwd van hoofdvorm naar detail waarbij de prioriteit wordt gegeven aan belangrijke onderdelen. De leerling controleert verhoudingen in de tekening voordat de details worden toegevoegd.
Hierbij leert de leerling al tekenend te plannen, analyseren, structureren en controleren.

Beleiding door de docent

De docent laat de leerling kritisch kijken naar het ontwerp en focust hierbij op verhoudingen en opbouw.

Kaart 5

Werken van groot naar klein

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling kan Groot-Naar-Klein bewust inzetten voor ontwerpkwaliteit en communicatie. De leerling is in staat om complexe tekeningen gestructureerd opbouwen en hierin hoofd- en bijzaken bewust te scheiden. Details worden ingezet ter ondersteuning van het ontwerp. Hierin wordt de nadruk gelegd op visuele hierarchie en het verfijnen en evalueren van de tekening.

Beleiding door de docent

De docent ondersteunt de kritische reflectie van de leerling.



Ontwerp herhalen en verbeteren

Leerlingen gebruiken meerdere versies van dezelfde tekening om hun idee te verbeteren, waarbij ze door opnieuw tekenen hun ontwerp steeds duidelijker en sterker maken.

Overkoepelende leerdoelen:

- De leerling kan tekenen inzetten als middel om ideeën te ontwikkelen en te verbeteren.
- De leerling kan uitleggen waarom tekenen van belang is in een ontwerp- en onderzoeksprocess
- De leerling kan door middel van schetsen meerdere ideeën genereren.
- De leerling kan een tekening iteratief verbeteren op basis van feedback en eigen reflectie.

Kaart 6

Ontwerp herhalen en verbeteren

1e Klas

Leerdoel

De leerling leert dat de eerste tekening niet altijd de beste is en dat het belangrijk is om te itereren (meerdere malen hetzelfde idee te tekenen om de tekening en het ontwerp te verbeteren). De leerling durft de eerste tekening in twijfel te trekken en aan te passen en staat open voor verbetering.

2e Klas

Beleiding door de docent

Ondersteuning bij kennismaking met DRWCRDS. De docent creëert een veilig klimaat om fouten te maken. Hierin wordt experimenteren beloond.

3e Klas



Kaart 6

Ontwerp herhalen en verbeteren

1e Klas

Leerdoel

De leerling gebruikt deze stap om zijn/haar ontwerp bewust te verbeteren en is in staat dit al tekenend te doen. Hierbij is de leerling in staat om sterke en zwakke punten in een ontwerp herkennen, verschillende oplossingen onderzoeken en doelgericht wijzigingen aanbrengen.

2e Klas

Beleiding door de docent

De docent stimuleerd leerlingen om te analyseren en verbeteringen concreet te maken door het inzetten van reflectie-vragen. Hierbij kan ook peerfeedback worden ingezet als methode.

3e Klas



Kaart 6

Ontwerp herhalen en verbeteren

1e Klas

Leerdoel

De leerling gebruikt deze stap om verschillende opties te onderzoeken en vormstudies toe te passen op zijn of haar ontwerp. De leerling vraagt tussendoor feedback aan medeleerlingen of aan de docent om het verbeter-proces te ondersteunen en verreiken. De leerling is hierbij is staat om een ontwerp stapsgewijs ontwikkelen via meerdere iteraties, feedback kritisch verwerken en ontwerpkeuzes te onderbouwen. Daarnaast kan de leerling reflecteren op het eigen ontwerpproces.

2e Klas

Beleiding door de docent

De docent koppelt deze stap nadrukkelijk aan het ontwerp-proces. Hiernaast stimuleerd de docent kritische zelfreflectie en process-documentatie.

3e Klas



Vertel een verhaal met je tekening

Leerlingen gebruiken symbolen en iconen om duidelijk te maken wat er gebeurt in hun tekening, zoals emotie, actie, relatie en functie.

Overkoepelende leerdoelen:

- De leerling kan visuele representaties gebruiken om ideeën begrijpelijk over te brengen.
- De leerling kan uitleggen waarom tekenen van belang is in een ontwerp- en onderzoeksproces
- De leerling kan een tekening maken die (zonder mondelinge toelichting) begrijpelijk is voor anderen.
- De leerling kan de vorm en uitwerking van een tekening afstemmen op het doel (ideeontwikkeling of presentatie).

Kaart 7

Vertel een verhaal met je tekening

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling begrijpt dat een tekening een communicatief middel is dat een verhaal kan overbrengen aan iemand anders. De leerling kan emotie, actie, relatie en functie van elkaar onderscheiden en kan deze met simpele iconen communiceren in de tekening.

Beleiding door de docent

Ondersteuning bij kennismaking met DRWCRDS. De docent biedt voornamelijk ondersteuning bij het herkennen en gebruiken van iconen en symbolen.

Kaart 7

Vertel een verhaal met je tekening

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling herkent het communicatieve doel van de tekening en kan dit koppelen aan een verhaal dat naar de doelgroep gecommuniceerd moet worden. De leerling herkent universele communicatieve symbolen en iconen en kan deze correct toepassen in zijn of haar tekening om betekenis te versterken.

Beleiding door de docent

De docent ondersteunt visuele storytelling door kritische vragen te stellen over de tekening waardoor leerlingen aan het denken worden gezet over de manier waarom het verhaal visueel wordt gecommuniceerd.

Kaart 7

Vertel een verhaal met je tekening

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling herkent het communicatieve doel van de tekening en kan dit koppelen aan een verhaal dat naar de doelgroep gecommuniceerd moet worden. De leerling herkent universele communicatieve symbolen en iconen en kan deze correct en naar ratio toepassen in zijn of haar tekening om een visuele balans te creëren en betekenis te versterken. Hiermee is de leerling in staat om complexe situaties begrijpelijk te visualiseren en om visuele nadruk te gebruiken om een verhaal sterker te maken.

Beleiding door de docent

De docent stimuleerd leerlingen om hun tekening meerdere malen te testen om een communicatief verbeterproces in gang te zetten. Hierbij wordt iteratief werken opnieuw geintroduceerd om verbetring te weeg te brengen.

Lijn, kleur en achtergrond

Leerlingen gebruiken lijnvariatie, kleur en achtergrond om belangrijke onderdelen in hun tekening te benadrukken en het verhaal sterker en duidelijker te maken.

Overkoepelende leerdoelen:

- De leerling kan visuele representaties gebruiken om ideeën begrijpelijk over te brengen.
- De leerling kan uitleggen waarom tekenen van belang is in een ontwerp- en onderzoeksproces
- De leerling kan een tekening maken die (zonder mondelinge toelichting) begrijpelijk is voor anderen.
- De leerling kan de vorm en uitwerking van een tekening afstemmen op het doel (ideeontwikkeling of presentatie).

Kaart 8

Lijn, kleur en achtergrond

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling heeft ontdekt hoe lijn, kleur en achtergrond invloed hebben op een tekening en kan hiermee experimenteren.

Beleiding door de docent

Ondersteuning bij kennismaking met DRWCRDS. De docent stimuleert expirimenteren met lijn, kleur en achtergrond en laat veel voorbeelden zien van communicatieve (design) tekeningen in de klas.

Kaart 8

Lijn, kleur en achtergrond

1e Klas

2e Klas

3e Klas

Leerdoel

De leerling begrijpt de communicatieve waarde van lijn kleur en achtergrond en kan dit om een goede en bewuste manier toepassen om het verhaal van de tekening te verduidelijken. Hiebij is de leerling in staat om lijnvariatie gebruiken om nadruk en diepte te creëren, kleuren kiezen passend bij emotie, doelgroep of sfeer en achtergronden gebruiken om context toe te voegen.

Beleiding door de docent

De docent begeleid leerlingen in het maken van bewuste visuele keuzes.

Kaart 8

Lijn, kleur en achtergrond

1e Klas

2e Klas

3e Klas

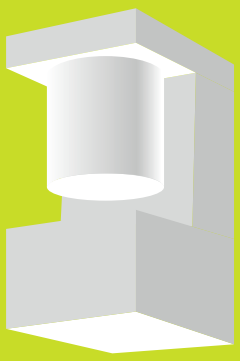
Leerdoel

De leerling is in staat om lijn, kleur en achtergrond op een strategische manier in te zetten om het verhaal van de tekening naar de doelgroep te communiceren. Hierbij maakt de leerling gebruik van visuele hiërarchie en strategie. De leerling kan lijn, kleur en achtergrond doelgericht combineren, de sfeer en emotie versterken met visuele keuzes en contrast en nadruk gebruiken om aandacht te sturen. Daarnaast is de leerling in staat to het aanpassen van de beeldtaal aan doelgroep en het communicatief doel en kan de leerling reflecteren op de effectiviteit van visuele keuzes.

Beleiding door de docent

De docent stimuleerd de leerlingen in het opzetten van een visuele strategie en laat leerlingen ontwerpintenties koppelen aan stijlkeuzes.

Voorbeelden



Het product in basisvormen



Het originele product!

DRWCRDS

DRWCRDS

1

Bouw je Idee!

Gebruik de blokken om het idee uit je hoofd om te zetten in een 3D-vorm. Het bouwwerk mag sterk versimpeld zijn, dat helpt juist bij de volgende stappen.

LET OP: het zou kunnen zijn dat je deze stap niet nodig hebt omdat een tekening in 2D beter is voor jou doel!

Tips

- Focus eerst op de hoofdvorm. Begin met het bedenken welke basisfiguur de basis vormt van jou idee (meestal is dat er maar 1).
- Probeer je idee (in het begin) op te bouwen met één of twee blokken. Je kunt later altijd meer toevoegen.
- Wees niet bang om opnieuw te bouwen! Vaak ontstaat een beter idee als je iets opnieuw probeert.
- Bekijk je bouwwerk van verschillende kanten. Dit helpt later bij het tekenen van aanzichten en een 3D vorm.
- Je kunt andere onderdelen ook als bouwstenen gebruiken, bijvoorbeeld een prittstift. Let erop dat deze onderdelen wel een basis-vorm hebben als je ze toevoegd aan je bouwwerk.

Waarom?

Door je idee in blokken, versimpeld te bouwen maak je je idee tastbaar. Je kunt er nu omheen lopen en het van alle kanten bekijken. Hierdoor is het makkelijker om bijvoorbeeld aanzichten te tekenen, maar ook om van je idee een 3D tekening te maken.

Hoe?

In de doos zitten een aantal blokken. Deze blokken stellen basisfiguren voor. Probeer in je hoofd te bedenken uit welke basisfiguren jouw idee is opgebouwd. Misschien heb je maar één blok nodig, misschien bouw je een heel bouwwerk, het is allebei goed.

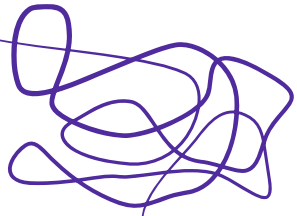
?

Theorie

Veel complexe vormen zijn opgebouwd uit eenvoudige basisvormen, zoals kubussen, balken en cilinders. Door eerst te zoeken naar deze basisvormen, wordt een vorm overzichtelijker en makkelijker te begrijpen. Wanneer je een idee met blokken opbouwt, zie je beter hoe de vorm in elkaar zit. Hierdoor wordt het later makkelijker om de vorm te tekenen, omdat je weet waar de hoofdvormen zitten en hoe ze zich tot elkaar verhouden.

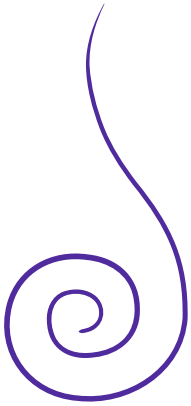
Ideeën bedenken

Als je nog aan het brainstormen bent, kun je de blokken goed gebruiken om te experimenteren met nieuwe vormen. Wat gebeurt er als je je 3D-vorm anders opbouwt? Misschien wordt je idee daardoor beter. Je kunt iets toevoegen, weglaten of veranderen aan je vorm. Experimenteer en ontdek wat het beste werkt.



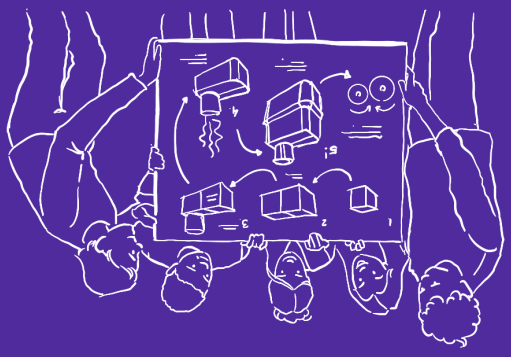
Ideeën Presenteren

Het is altijd goed om je idee meerdere keren te bouwen. Door opnieuw te bouwen, ontdek je wat beter kan en wordt je vorm steeds duidelijker. De vorm die je maakt helpt je vervolgens om een duidelijke presentatie-tekening in 3D te maken.



Voorbeelden





DRWCRDS

DRWCRDS

2

Doel en Publiek

Bedenk wat het doel van de tekening is en wie het publiek is dat de tekening moet begrijpen.

Tips

- Wat moet iemand snappen na het zien van mijn tekening? Als je weet wat iemand moet begrijpen, wordt duidelijk wat je wél en niet hoeft te tekenen.
- Verschillende mensen hebben andere uitleg nodig. Een docent of klant heeft vaak meer duidelijkheid nodig dan jijzelf.
- Laat als je tekening af is, iemand anders naar je tekening kijken. Als iemand anders begrijpt wat je bedoelt, werkt je tekening goed.



Hoe?

Begin met je Publiek: wie gaat deze tekening zien? kies uit de onderstaande opties:

- jij
- je groepje
- de klas
- de klant
- de docent
- anders

Nu je weet wie je tekening gaat bekijken... wat moet dit publiek begrijpen:

- hoe mijn idee eruit ziet
- hoe mijn idee werkt/gebouwd gaat worden
- hoe mijn idee gebruikt gaat worden

?

Waarom?

Door het doel en het publiek van je tekening in je hoofd te houden, kun je gerichter te werk gaan. Als je weet waarom je tekent en voor wie je tekent, kun je makkelijker bepalen wat je precies moet tekenen.

Theorie

Een tekening is een vorm van communicatie. Dat betekent dat je niet alleen tekent voor jezelf, maar ook voor iemand anders die de tekening moet begrijpen. Daarom is het belangrijk om vooraf na te denken over het doel van je tekening en voor wie je tekent. Wanneer je weet wat je wilt uitleggen en wie je publiek is, kun je gerichter kiezen wat je wel en niet tekent. Dit helpt om je tekening duidelijker en overzichtelijker te maken. Een goede tekening laat precies zien wat nodig is om het idee te begrijpen, niet meer en niet minder.

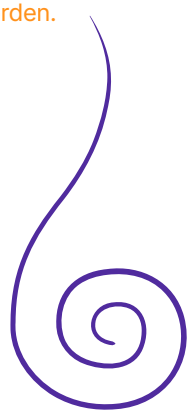
Ideeën bedenken

Als je nog in de brainstormfase van het ontwerpproces bent, is het belangrijk dat jij en je groepsgenoten goed begrijpen wat je tekent. In deze fase ben je nog aan het experimenteren en ideeën aan het uitproberen.
Het is daarom ook belangrijk dat je snel kunt werken. Probeer je te focussen op het maken van een versimpelde versie van je idee. Zo begrijpen anderen sneller wat je bedoelt en kun je snel én veel tekeningen maken.



Ideeën Presenteren

In de fase waarin ideeën worden gepresenteerd is deze stap éxtra belangrijk. Let erop dat je (bijvoorbeeld voor een presentatieposter) goed voor ogen hebt wat je wilt laten zien én aan wie. Meestal presenteer je de tekening aan de externe klant. Het moet dus een duidelijke en professionele tekening worden.



DRWCRDS

3

Versimpel

Maak een kleine schets (zo groot als je duim) waarin je het idee versimpelt. Focus op de belangrijkste elementen en laat onnodige details weg.

Voorbeelden

Tips

- Maak je eerste schets zo klein als je duim.
- Zoek de hoofdvorm van je idee
- Laat details eerst weg
- Maak meerdere kleine schetsen
- Test je schets: bij anderen of bij jezelf!

Waarom?

Door te versimpelen wordt de hoofdvorm duidelijk en blijft het makkelijker om later aanpassingen te maken.

Hoe?

Denk terug aan je bouw-werk uit stap 1. Maak een kleine schets (ongeveer duim-grootte) met daarin de versimpelde vorm van het idee wat je hebt bedacht. Bedenk vervolgens: welke details van mijn idee zijn écht nodig, en welke kan ik eigenlijk gewoon weglaten?

?

Theorie

Wanneer je een idee versimpelt, verdeel je een complexe vorm in eenvoudige onderdelen. Je hersenen verwerken informatie namelijk makkelijker wanneer deze is opgebouwd uit duidelijke en herkenbare vormen. Door klein en simpel te tekenen, dwing je jezelf om eerst naar de hoofdvorm te kijken in plaats van naar details. Hierdoor wordt het makkelijker om het geheel te begrijpen en later aan te passen. Wanneer een tekening te snel te gedetailleerd wordt, kan het moeilijker worden om veranderingen te maken, omdat details de aandacht afleiden van de hoofdvorm. In de brainstormfase helpt versimpelen om snel veel ideeën te onderzoeken. In de presentatiefase helpt een kleine testschets om te controleren of de opbouw van de tekening werkt voordat je tijd investeert in details. Versimpelen is daarom niet alleen een manier om sneller te tekenen, maar ook een manier om bewuster keuzes te maken in wat echt belangrijk is in een vorm.

Ideeën bedenken

In de brainstormfase gebruik je deze stap heel veel (of zelfs bijna alleen maar). Vaak is het niet nodig om een heel uitgebreide tekening te maken als je nog ideeën aan het bedenken bent. Pas wanneer je één idee kiest om mee verder te gaan, kan je meer details toevoegen. Tot die tijd: hou het simpel.



Ideeën Presenteren

In de presentatie-fase gebruik je deze stap als een opzet voor je tekening. Door een kleine ‘test-schets’ te maken kan je kijken of je de schets vind werken ja of nee. Misschien moet je bepaalde dingen duidelijker maken, meer details toevoegen, of juist dingen weglaten. In een kleine schets kan je dit testen voordat je aan de uiteindelijke tekening begint. Daarvoor geldt overigens ook: hou het simpel. Hoe meer detail, hoe moeilijker het vaak is voor de kijker om te begrijpen wat je bedoelt. Probeer hierin dus een goede balans te vinden



Voorbeelden

DRWCRDS

DRWCRDS

4

Stempel

Gebruik de stempels om de basis van je idee op papier te zetten.

LET OP: het zou kunnen zijn dat je deze stap niet nodig hebt omdat een tekening in 2D beter is voor jou doel!

Tips

- Zoek de belangrijkste vorm.
- Gebruik niet meerdere stempels in één tekening. Dat kan helaas niet. Je perspectief klopt dan niet meer.
- Bouw verder op de gestempelde vorm. Gebruik de stempel als startpunt, niet als eindpunt.
- Kijk goed naar de richting van de stempel. Let op hoe de vorm in de ruimte staat voordat je stempelt.

Waarom?

Teken in 3D is moeilijk, maar niet onmogelijk. Om je een handje te helpen hebben we stempels gemaakt. Deze stempels weergeven alle basisfiguren in perspectief. Hierdoor staat de basis van je tekening meteen goed en kan jij ongestoord verder met het tekenen van je idee door voort te bouwen op de gestempelde vorm.

Hoe?

Ga terug naar stap 1 en stap 3: uit welke basisfiguren bestaat jou idee. Is er eentje die eruit springt? Pak die stempel en druk hem op je vel. De lichtgrijze inkt zalt straks weg tegen jou tekening waardoor je bijna niks meer van de stempel zal zien.

?

Theorie

Tekenen in 3D vraagt om ruimtelijk inzicht: het vermogen om vormen in de ruimte voor te stellen en correct weer te geven. Dit kan lastig zijn, vooral wanneer je nog aan het leren bent hoe perspectief werkt.
Door gebruik te maken van hulpmiddelen, zoals stempels met basisvormen in perspectief, wordt een deel van deze uitdaging kleiner. De stempel zorgt ervoor dat de basisvorm al correct in perspectief staat. Hierdoor hoef je minder na te denken over technische details en kun je je meer richten op het ontwikkelen van je idee.

Wil je wat meer uitdaging? probeer dan eens zelf de vormen op de stempels na te tekenen op je blad. Gebruik vervolgens die vorm als basis voor je tekening. Let erop dat je licht tekent!

Ideeën bedenken

De stempels kan je het beste gebruiken als je nog tussen een paar ideeën twijfelt. Het helpt dan om ze wat verder uit te tekenen. Het gebruik van de stempels helpt hierbij en versnelt het process.

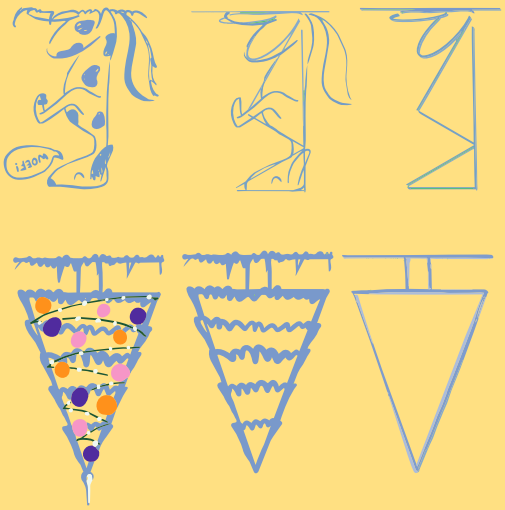


Ideeën Presenteren

Als je een presentatie-tekening gaat maken komen de stempels zeer goed van pas. Presentatie-tekeningen zijn vaak gedetailleerder. Het gebruik kan de stempels zorgt ervoor dat je basis netjes in perspectief staat waardoor jij de ruimte hebt om je te focussen op vorm en detail.



Voorbeelden



DRWCRDS

DRWCRDS

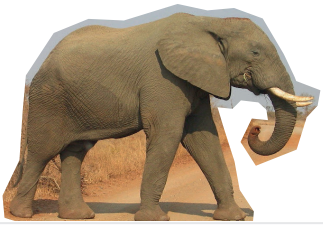
5

Van groot naar klein

Teken de hoofdvorm licht en eenvoudig. Werk eerst globaal en voeg later details toe.

Tips

- Begin met lichte lijnen, zodat je makkelijk kunt aanpassen.
- Gebruik simpele vormen (zoals cirkels en rechthoeken) als basis.
- Check eerst of de verhoudingen kloppen voordat je details toevoegt.
- Zoom als het ware uit: klopt het geheel?
- Voeg pas details toe als de basis goed is.
- Werk in stappen en neem af en toe afstand van je tekening.





Waarom?

Nu je je basisfiguur hebt gekozen, kun je beginnen met tekenen. Werk hierbij van groot naar klein. Door eerst de grote vormen te tekenen, maak je minder fouten en raak je minder snel verdwaald in kleine details.

Hoe?

Begin met het toevoegen van andere hoofdvormen. Vaak bestaat je idee uit meerdere basisfiguren. Teken deze vormen vast aan je gestempelde figuur. Het kan zijn dat je de vormen licht moet aanpassen zodat ze goed op elkaar aansluiten. Pas wanneer de volledige basisvorm staat, begin je met het toevoegen van details.

?

Theorie

Dit principe heeft te maken met opbouw en structuur in beeldend werken. Ons brein herkent eerst grote vormen en daarna pas details. Door hier rekening mee te houden, maak je een tekening die logisch en overzichtelijk is opgebouwd. Dit wordt ook veel gebruikt in kunst en design, omdat een sterke basis (compositie en verhoudingen) zorgt voor een beter eindresultaat.

Ideeën bedenken

In deze fase maak je snelle, simpele schetsen met alleen de hoofdvormen. Je denkt nog niet na over details, maar vooral over de opbouw en verhoudingen. Zo kun je makkelijk meerdere ideeën uitproberen en aanpassen.



Ideeën Presenteren

Hier zorg je dat de basisvorm nog steeds duidelijk zichtbaar is, maar werk je deze netjes uit met details. Je bouwt je tekening rustig op in lagen: eerst de grote vormen, daarna de kleinere onderdelen. Alles ziet er verzorgd uit, maar blijft overzichtelijk.

Voorbeelden



DRWCRDS

DRWCRDS

6

Herhaal en Verbeter

Je tekening is zelden in één keer goed. Teken dezelfde opzet opnieuw en pas dingen aan. Door opnieuw te tekenen wordt je idee duidelijker en sterker. Dit heet: Iterenen.

Tips

- Begin met snelle, ruwe schetsen (niet meteen netjes willen werken).
- Maak bewust meerdere varianten van hetzelfde idee.
- Stel jezelf steeds één verbeterpunt per versie (bijv. vorm, functie of detail).
- Vraag feedback aan de docent en je groepje, en verwerk die in een volgende schets.
- Bewaar oude versies zodat je je vooruitgang ziet.



Waarom?

Itereren heeft heel veel voordelen. Hieronder zetten we er een aantal voor je op een rijtje:

- Ideeën worden beter door herhaling
- Fouten worden zichtbaar
- Creativiteit groeit door variatie
- De tekening wordt steeds beter, en jij ook!

Hoe?

Maak meerdere versies van je tekening in plaats van alles in één keer goed te willen doen. Na elke schets kijk je wat beter kan en pas je je idee aan. Zo wordt je ontwerp stap voor stap duidelijker en sterker.

?

Ideeën bedenken

In deze fase maak je veel snelle schetsen van hetzelfde idee. Je probeert verschillende varianten uit en kijkt wat het beste werkt. Fouten maken is hier juist goed, want daarvan leer je.

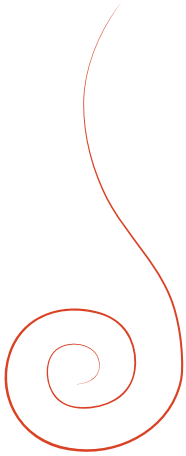


Theorie

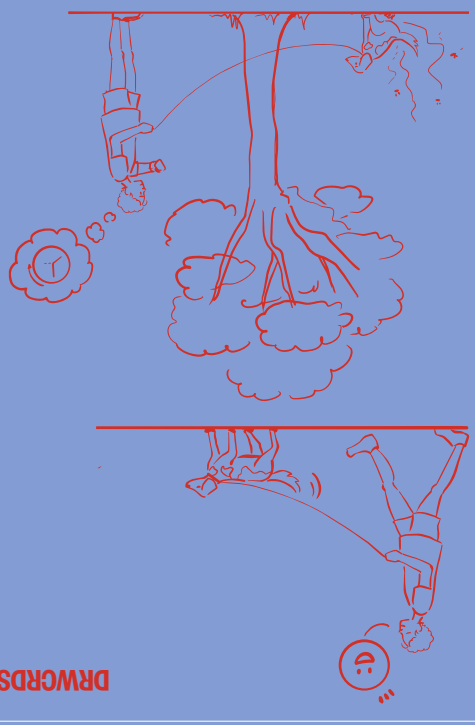
Itereren betekent dat je je tekening steeds opnieuw bekijkt, verbetert en weer aanpast. Ontwerpen gaat dus in rondjes (denk aan de ontwerp-cyclus): je bedenkt iets, maakt een schets, kijkt wat beter kan en probeert het opnieuw. Je let daarbij op dingen zoals of je idee werkt, er mooi uitziet en handig is. Door feedback te gebruiken en zelf na te denken over je keuzes, wordt je ontwerp steeds beter. Zo leer je niet alleen een communicatieve tekening maken, maar ook hoe je slimmer ontwerpt.

Ideeën Presenteren

Hier kies je je beste versie en werk je die netjes uit. Je laat zien dat je je idee hebt verbeterd door eerdere schetsen eventueel erbij te tonen. Je eindtekening is duidelijk en doordacht.



Voorbeelden



DRWCRDS

DRWCRDS

7

Vertel een verhaal

Denk na over hoe je duidelijk maakt wat er gebeurt of hoe het werkt. Je kunt dit doen door gebruik te maken van symbolen en iconen: emotie, actie, relatie en functie.

Tips

- Gebruik simpele en herkenbare symbolen (zoals pijlen, vinkjes, gezichtjes).
- Overdrijf een beetje: maak emoties en acties extra duidelijk zichtbaar.
- Houd het simpel: te veel symbolen maken je tekening juist onduidelijk.
- Test je tekening: laat iemand anders kijken of die het meteen begrijpt.
- Combineer symbolen en iconen met eventueel een klein beetje tekst als dat helpt.
- Kijk naar voorbeelden van iconen (zoals apps) voor inspiratie.



Waarom?

Emotie, actie, relatie en functie zijn 4 elementen die moeilijk zijn om letterlijk te tekenen. Vaak wordt door het gebruik van een symbool of icoon, meteen duidelijk wat er wordt bedoeld. Symbolen zijn vaak universeel waardoor ze door iedereen worden begrepen. Iedereen weet bijvoorbeeld dat een kruisje, fout betekend en een vinkje, goed!

Hoe?

Denk na over hoe je duidelijk maakt wat er gebeurt. Je kunt dit doen door gebruik te maken van:

- Emotie (wat voelt het personage?)
- Actie (wat gebeurt er?)
- Relaties (hoe verhouden elementen zich tot elkaar?)
- Functie (wat doet het/waarvoor is het bedoeld?)

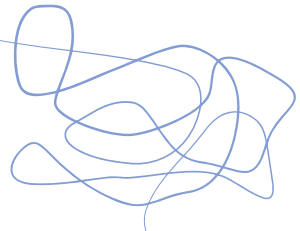
?

Theorie

een overzicht van mogelijke veelgebruikte iconen en symbolen:

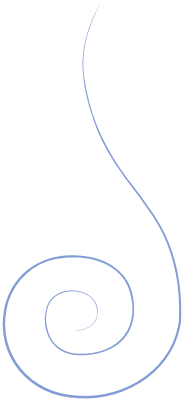
Ideeën bedenken

In deze fase ga je experimenteren met hoe je jouw idee duidelijk kunt maken. Je maakt snelle schetsen waarin je verschillende manieren uitprobeert: bijvoorbeeld een gezichtje voor emotie, pijlen voor actie of simpele iconen voor functie. Het hoeft nog niet mooi, als het maar helpt om je idee beter te begrijpen.

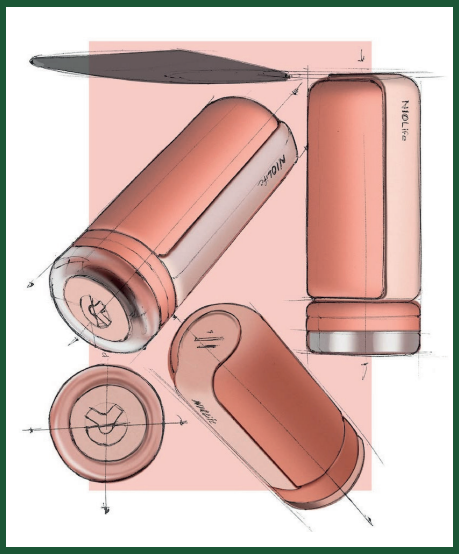


Ideeën Presenteren

Hier werk je je beste idee netjes uit zodat anderen het meteen snappen. Je kiest duidelijke symbolen en zorgt dat emotie, actie, relaties en functie goed zichtbaar zijn in je tekening. Je tekening moet als het ware “voor zichzelf spreken”, zonder dat je veel hoeft uit te leggen.



Voorbeelden



DRWCRDS

DRWCRDS

8

Lijn, kleur en achtergrond

Kleuren, lijndikte en de achtergrond van je tekening kunnen helpen om belangrijke onderdelen op te laten vallen. Bepaal welke elementen het belangrijkst zijn en geef deze extra nadruk.

Tips

- Gebruik niet te veel kleuren (2–4 is vaak genoeg).
- Maak belangrijke lijnen dikker en opvallender.
- Gebruik de achtergrond om de functie van je tekening te benadrukken: geen achtergrond = alle aandacht naar de voorgrond, wel een achtergrond: je betrekt de omgeving bij je verhaal.
- Gebruik contrast (licht/donker, groot/klein) voor extra nadruk.
- Kijk of je tekening ook zonder uitleg duidelijk is.
- Test je werk: vraag iemand wat als eerste opvalt.

Waarom?

Kleur, lijndikte en achtergrond helpen om de aandacht te sturen. Je kijker ziet daardoor meteen wat belangrijk is in jouw tekening. Zonder deze nadruk kan een tekening rommelig of onduidelijk worden.

Hoe?

Je kiest bewust wat het belangrijkst is en laat dat opvallen. Dit kun je doen door felle kleuren te gebruiken, dikkere lijnen te tekenen of de achtergrond juist rustiger te maken. Minder belangrijke dingen teken je lichter, dunner of simpeler.

?

Theorie

Dit principe heet visuele hiërarchie: je stuurt de aandacht van de kijker door verschillen in kleur, grootte en lijngebruik. Ons brein ziet eerst wat het meest opvalt (bijvoorbeeld fel, groot of donker). Door hier slim gebruik van te maken, kun je bepalen wat iemand als eerste, tweede en derde ziet. Dit wordt veel gebruikt in design, zoals bij posters, apps en websites, om informatie duidelijk en overzichtelijk te maken.

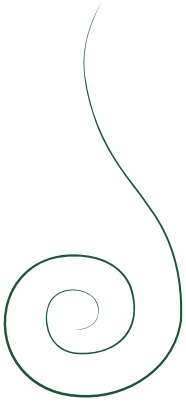
Ideeën bedenken

In deze fase ga je uitproberen wat werkt. Je maakt snelle schetsen waarin je bijvoorbeeld verschillende kleuren of lijndiktes test. Het hoeft nog niet netjes: je kijkt vooral wat helpt om jouw idee duidelijker te maken.



Ideeën Presenteren

Hier werk je je tekening netjes uit. Je gebruikt kleur, lijndikte en achtergrond bewust om de belangrijkste onderdelen extra te laten opvallen. Je zorgt dat iemand jouw idee in één oogopslag begrijpt.



Vul de tabel in

1= helemaal niet mee eens, 5= helemaal mee eens, zet een kruisje in het vakje!

	1	2	3	4	5
Ik begreep goed wat ik moest doen.					
Mijn tekening werd beter door het gebruiken Studio Schets.					
Door de voorbeeld-kaarten wist ik beter wat ik moest tekenen.					
Studio Schets hielp mij om mijn idee duidelijker uit te werken.					
Het ontwerp van Studio Schets is visueel aantrekkelijk (leuk/mooi).					
Ik vond het leuk om met Studio Schets te werken.					
Ik zou Studio Schets vaker willen gebruiken bij O&O.					
Ik denk dat anderen mijn tekening nu beter begrijpen.					

Vul de tabel in

1= helemaal niet mee eens, 5= helemaal mee eens, zet een kruisje in het vakje!

	1	2	3	4	5
Ik begreep goed wat ik moest doen.					
Mijn tekening werd beter door het gebruiken Studio Schets.					
Door de voorbeeld-kaarten wist ik beter wat ik moest tekenen.					
Studio Schets hielp mij om mijn idee duidelijker uit te werken.					
Het ontwerp van Studio Schets is visueel aantrekkelijk (leuk/mooi).					
Ik vond het leuk om met Studio Schets te werken.					
Ik zou Studio Schets vaker willen gebruiken bij O&O.					
Ik denk dat anderen mijn tekening nu beter begrijpen.					

Vul de tabel in

1= helemaal niet mee eens, 5= helemaal mee eens, zet een kruisje in het vakje!

	1	2	3	4	5
Ik begreep goed wat ik moest doen.					
Mijn tekening werd beter door het gebruiken Studio Schets.					
Door de voorbeeld-kaarten wist ik beter wat ik moest tekenen.					
Studio Schets hielp mij om mijn idee duidelijker uit te werken.					
Het ontwerp van Studio Schets is visueel aantrekkelijk (leuk/mooi).					
Ik vond het leuk om met Studio Schets te werken.					
Ik zou Studio Schets vaker willen gebruiken bij O&O.					
Ik denk dat anderen mijn tekening nu beter begrijpen.					

Wat vond je het beste aan Studio Schets?

_____

_____

Wat vond je het minst goed?

_____

_____

Wat vond je van het design/ de stijl van Studio Schets?

_____

_____

Wat vond je het beste aan Studio Schets?

_____

_____

Wat vond je het minst goed?

_____

_____

Wat vond je van het design/ de stijl van Studio Schets?

_____

_____

Wat vond je het beste aan Studio Schets?

_____

_____

Wat vond je het minst goed?

_____

_____

Wat vond je van het design/ de stijl van Studio Schets?

_____

_____

Testprocess DRWCRDS

Introductie

De afgelopen tijd heb ik gewerkt aan stappenkaarten waarmee tekenen een vast onderdeel kan worden van O&O. Ik heb deze kaarten voor jullie meegenomen en de vraag aan jullie is of jullie deze voor mij zouden willen testen.

Ik ga jullie een aantal vragen stellen en jullie mogen een formulier voor me invullen, daarna gaan jullie de kaarten gebruiken en dan stel ik jullie weer een aantal vragen over het gebruik van de kaarten.

Formulier voor consent

Ik heb hier een formulier dat jullie rustig even kunnen doorlezen en daarna mogen ondertekenen als je het ermee eens bent.

FORMULIER ONDERTEKENEN

Vragen vooraf

- Tekenen jullie wel eens in O&O lessen?
- Hoevaak?
- Waarvoor gebruiken jullie tekenen vooral?
- Wat vinden jullie van tekenen in O&O lessen?
- Waarom?
- Wat is jullie project en wat is jullie idee voor het project?
- Hebben jullie dit idee al een keer moeten tekenen?
- Mag ik die tekeningen zien?
- Mag ik een foto maken van de tekeningen?

Introductie en uitleg van de kaarten

Dit zijn de kaarten: het heet DRWCRDS. Het zijn 8 stappen-kaarten die je in stappen door een teken-proces begeleid. Iedere keer staat uit de voorkant wat de stap inhoudt en op de achterkant staat een voorbeeld van de stap. Aan de binnenkant van de kaarten staat meer informatie over de stap die je kunt gebruiken als je meer uitleg of hulp nodig hebt. Bij sommige stappen heb je extra hulpmiddelen nodig, dat staat met een tekentje op de kaart weergegeven. Als je iets niet begrijpt mag je het aan mij vragen.

Jullie mogen jullie idee nu (nog een keer) tekenen met behulp van de kaarten. Succes!

Vragen achteraf

Algemene ervaring

Hoe vonden jullie het om met DRWCRDS te werken?

Effect op tekenen

- Hebben de kaarten geholpen om jullie idee beter te tekenen? Waarom wel/niet?
- Denken jullie dat jullie tekening duidelijker is geworden?
- Hebben de kaarten geholpen om beter na te denken over jullie idee?
- Zou je zonder de kaarten anders tekenen?
- Maakte de kaarten tekenen leuker?
- Zou je deze kaarten opnieuw gebruiken?

Gebruiksgemak

Begrip

- Begrepen jullie bij elke stap wat je moest doen? Of is er iets onduidelijk aan de kaarten?
- Welke kaart/ stap kost je de meeste moeite?
- Voelt het tekenen makkelijker of moeilijker met de kaarten?
- Welke kaart heeft je het meest geholpen? En waarom?

Uitleg

- Heb je de uitleg aan de binnenkant van de kaarten gebruikt (waarom wel/niet)?
- Was de hoeveelheid uitleg goed?

Ondersteuning

- Helpen de kaarten je om te bedenken wat je moet tekenen?
- Helpen de kaarten je om te bedenken hoe je moet tekenen?

Verbeteringen

- Wat zou je veranderen aan de kaarten? Hoe zou jij de kaarten beter maken?
- Mist er iets?

VragenFormulier

Zouden jullie dit kleine formulier nog willen invullen?

Testprocess Studio Schets

Introductie

De afgelopen tijd heb ik gewerkt aan stappenkaarten waarmee tekenen een vast onderdeel kan worden van O&O. Ik heb deze kaarten voor jullie meegenomen en de vraag aan jullie is of jullie deze voor mij zouden willen testen.

Ik ga jullie een aantal vragen stellen en jullie mogen een formulier voor me invullen, daarna gaan jullie Studio Schets gebruiken en dan stel ik jullie weer een aantal vragen over het gebruik van de kaarten.

Formulier voor consent

Ik heb hier een formulier dat jullie rustig even kunnen doorlezen en daarna mogen ondertekenen als je het ermee eens bent.

FORMULIER ONDERTEKENEN

Vragen vooraf

- Tekenen jullie wel eens in O&O lessen?
- Hoevaak?
- Waarvoor gebruiken jullie tekenen vooral?
- Wat vinden jullie van tekenen in O&O lessen?
- Waarom?
- Wat is jullie project en wat is jullie idee voor het project?
- Hebben jullie dit idee al een keer moeten tekenen?
- Mag ik die tekeningen zien?
- Mag ik een foto maken van de tekeningen?

Introductie en uitleg van Studio Schets

Jullie mogen jullie idee nu (nog een keer) tekenen met behulp van de kaarten. Succes!

Vragen achteraf

Algemene ervaring

Hoe vonden jullie het om met Studio Schets te werken?

Effect op tekenen

- Hebben de kaarten geholpen om jullie idee beter te tekenen? Waarom wel/niet?
- Denken jullie dat jullie tekening duidelijker is geworden?
- Heeft Studio Schets geholpen om beter na te denken over jullie idee?

- Zou je zonder Studio Schets anders tekenen?
- Maakte Studio Schets tekenen leuker?
- Zou je Studio Schets opnieuw gebruiken?

Gebruiksgemak

Begrip

- Begrepen jullie bij elke stap wat je moest doen?
- Welke stap kost je de meeste moeite?
- Voelt het tekenen makkelijker of moeilijker met Studio Schets?
- Welke stap heeft je het meest geholpen? En waarom?

Uitleg

- Heb je de uitleg aan de binnenkant van de kaarten gebruikt (waarom wel/niet)?
- Was de hoeveelheid uitleg goed?

Ondersteuning

- Helpen de stappen je om te bedenken wat je moet tekenen?
- Helpen de stappen je om te bedenken hoe je moet tekenen?

Verbeteringen

- Wat zou je veranderen aan Studio Schets? Hoe zou je het beter maken?
- Mist er iets?

VragenFormulier

Zouden jullie dit kleine formulier nog willen invullen?

Test results: Studio Schets

Statements on exit-cards

S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	
4	4	3	3	5	4	3	3	**II1**
4	5	5	4	5	4	5	3	**II2**
4	3	3	4	5	3	4	3	**II3**
5	3	3	3	5	3	3	3	**II4**
5	2	2	3	4	3	4	4	**II5**
5	3	3	3	5	3	1	5	**II6**
3	3	4	3	4	4	4	3	**II7**
2	5	3	4	4	5	5	4	**II8**
3	3	2	4	5	4	4	4	**II9**
3	3	4	3	4	4	3	3	**II10**
4	4	3	4	4	4	4	4	**II11**
4	4	4	5	5	4	4	5	**II12**
4	4	2	3	4	4	4	4	**II13**
4	2	2	3	2	2	2	3	**II14**
4	2	3	4	5	3	3	2	**II15**
5	3	4	4	5	4	5	4	**II16**
5	1	3	2	5	4	1	3	**II17**
5	4	3	4	4	4	3	3	**II18**
5	4	3	4	5	5	4	4	**II19**
4	3	3	4	5	4	4	3	**median**
4.105263	3.263158	3.105263	3.526316	4.473684	3.736842	3.473684	3.526316	**Average**
0.875261	1.045738	0.809303	0.696692	0.772328	0.733493	1.172292	0.772328	**stdev**

Wat vond je het beste aan Studio Schets

- Het duidelijke stappenplan aan de zijkant van de doos
- De uitlegkaartjes waren duidelijk en hielpen goed om verder te komen
- Als je de stappen niet snapt heb je voorbeeld kaartjes
- Het is handig als je niet weet waar je moet beginnen
- Dat het goed uitlegde wat ik moest doen
- Het kleine tekenplan linksboven (stap 1)
- Dat er voorbeelden zijn
- De korte uitleg bij de stappen
- Het helpt je als je vastloopt
- Dat er voorbeelden waren die je konden helpen
- De stappen die hielpen om te bepalen welke volgorde alles moest
- De leuke simpele tekeningen als voorbeelden
- Duidelijke stappen, je weet waar je moet beginnen
- Het heeft duidelijke stappen
- Het uiterlijk van de doos
- Het was een duidelijk stappenplan en de schets maken bij stap 1 was het meest handig
- Ik vond het fijn dat er duidelijke tips waren op de kaartjes voor als je vast loopt
- Het stappenplan was duidelijk en de voorbeelden waren handig
- Ik vond het stappenplan duidelijk en ik vind het er leuk uitzien

Wat vond je het minst goed aan Studio Schets

- Misschien meer zeggen over het nut van die kaartjes in het stappenplan op de doos
- Voor mij waren de kaartjes overbodig omdat ik dit al vaker doe
- stap 1 zou ik eigenlijk niet zo snel in de hoek van mijn blad doen als ik het doe
- stap 2 leek meer op een algemene tip dan op een stap
- Dat er zo veel stappen zijn
- het helpt niet echt met schetsen
- Ik had niet de neiging om de kaartjes te pakken
- -
- -
- -
- Ik wist niet goed hoe ik moest beginnen en wat ik moest tekenen
- De tijd was te kort om te bedenken en maken
- Aan het begin wist ik helemaal niet waar ik moest beginnen
- Stap 5 en 3 kun je combineren
- Ik vond alles leuk
- -
- Het voelde net wat minder vrij
- Het was niet heel duidelijke uitleg hoe je de beweginge kon weergeven
- De kaartjes waren een beetje eenvoudig, met weinig echt tips

Wat vond je van het design van Studio Schets

- Mooi, duidelijk
- Heel mooi en overzichtelijk
- Leuk ontwerp
- Het ziet er wel goed uit
- Leuk en mooi
- Visueel aantrekkelijk, duidelijk
- Wel mooi
- Leuk en aantrekkelijk en duidelijk
- Super mooi en practisch
- Ik vind het er mooi/kleurrijk uitzien
- Het ziet er leuk en aantrekkelijk uit
- Heel simpel en makkelijk te begrijpen
- Mooi, de doos is ook al handig, ik heb de kaartjes niet aangeraakt
- ziet er wel mooi uit
- Mooi en aantrekkelijk en goed uitgedacht
- Ik vond de stijl leuk, netjes en kleurrijk
- Ik vind de stijl leuk en de schaduwen en kleuren in de schetsen op de doos
- Ik vind het een leuk design en het past bij de functie
- Ik vond de kleuren leuk en de doos geeft goede en duidelijke uitleg.

APPENDIX D

Implementatie van communicatief tekenen binnen O&O

Adviesrapport

Geschreven door Guusje Bruin in samenwerking met
Wetenschapsknooppunt Delft en de IDE Teken Sectie van de TU Delft

TU Delft

Juli 2026

Implementatie van communicatief tekenen binnen O&O

Adviesrapport

Juli 2026

Inhoudsopgave

Introduction 3

Contextuele literatuur sectie 5

1 Waarom tekenen belangrijk is. 6
1.1 Hoe tekenen werkt 6
1.2 De functies van tekenen 8
1.3 Het belang van tekenen in wetenschap en techniek 11
1.4 De invloed van de ontwikkeling op tekenen en waarneming tijdens de vroege adolescentie. 16

Geïdentificeerde barrières sectie 17

2 Barrières voor de integratie van tekenen in wetenschap- en techniekonderwijs 18
2.1 Barrières volgens de literatuur 18
2.2 Barrières gevonden in het empirisch onderzoek binnen het O&O-onderwijs 20

Probleem definitie sectie 26

3 Het definiëren van het probleem 27
3.1 Ontwikkeling van een implementatieplan voor tekenen binnen O&O-onderwijs 27
3.2 Toekomstvisie 28
3.3 Oplossing: Implementatie plan 29

Oplossing sectie 30

4 Implementatie elementen 31
4.1 Implementatie element 1: Studio Schets 31
4.2 Werking en vorm van Studio Schets 3.3 Oplossing: Implementatie plan 32
4.3 Kaarten 34
4.4 Testen 34
4.5 Implementatie element 2: Workshop 36
4.6 Implementatie element 3: adviesrapport 37

References 38

Introductie

Leonardo da Vinci was een van de belangrijkste en invloedrijkste wetenschappers en ingenieurs aller tijden. Hij onderzocht een breed scala aan ideeën, waaronder vliegmachines, anatomische systemen, hydraulica en mechanische ontwerpen. Daarbij combineerde hij kunst, wetenschap en techniek om beter te begrijpen hoe de natuur en technologie functioneren. Tekenen was een van zijn belangrijkste methoden om zijn ideeën te ontwikkelen en te communiceren. Hij was echter zeker niet de enige wetenschapper die deze werkwijze toepaste. Ook Nikola Tesla, Isambard Kingdom Brunel en Robert Hooke maakten veelvuldig gebruik van tekeningen om hun uitvindingen en ontdekkingen vast te leggen en over te brengen.
Tegenwoordig verdwijnt het schetsen uit de hand geleidelijk uit het wetenschap- en techniekonderwijs. In vakgebieden zoals biologie en geneeskunde worden objecten die worden onderzocht vaak vastgelegd met foto's. Binnen technische opleidingen maken verschillende vormen van computerondersteund ontwerpen (CAD) het mogelijk om nieuwe ontwerpen digitaal uit te werken, waardoor eenvoudige schetsen op papier steeds vaker als verouderd of minder betrouwbaar worden beschouwd. Zelfs binnen ontwerpopleidingen wordt tekenen steeds minder gezien als een essentieel ontwerpinstrument. Dit roept een belangrijke vraag op: is het terecht dat tekenen als academisch hulpmiddel steeds meer verdwijnt, of onderschatten we de waarde ervan?

Vanaf 2027 is tekenen officieel opgenomen als vaardigheid in het examenprogramma van O&O. Dat is een belangrijke ontwikkeling, omdat veel leerlingen momenteel moeite hebben om hun ideeën en ontwerpen visueel te communiceren. In dit rapport wordt uitgelegd waarom het belangrijk is om tekenen een structurele plaats te geven binnen het vak O&O en hoe deze vaardigheid effectief in het onderwijs kan worden geïmplementeerd.

Onderzoek

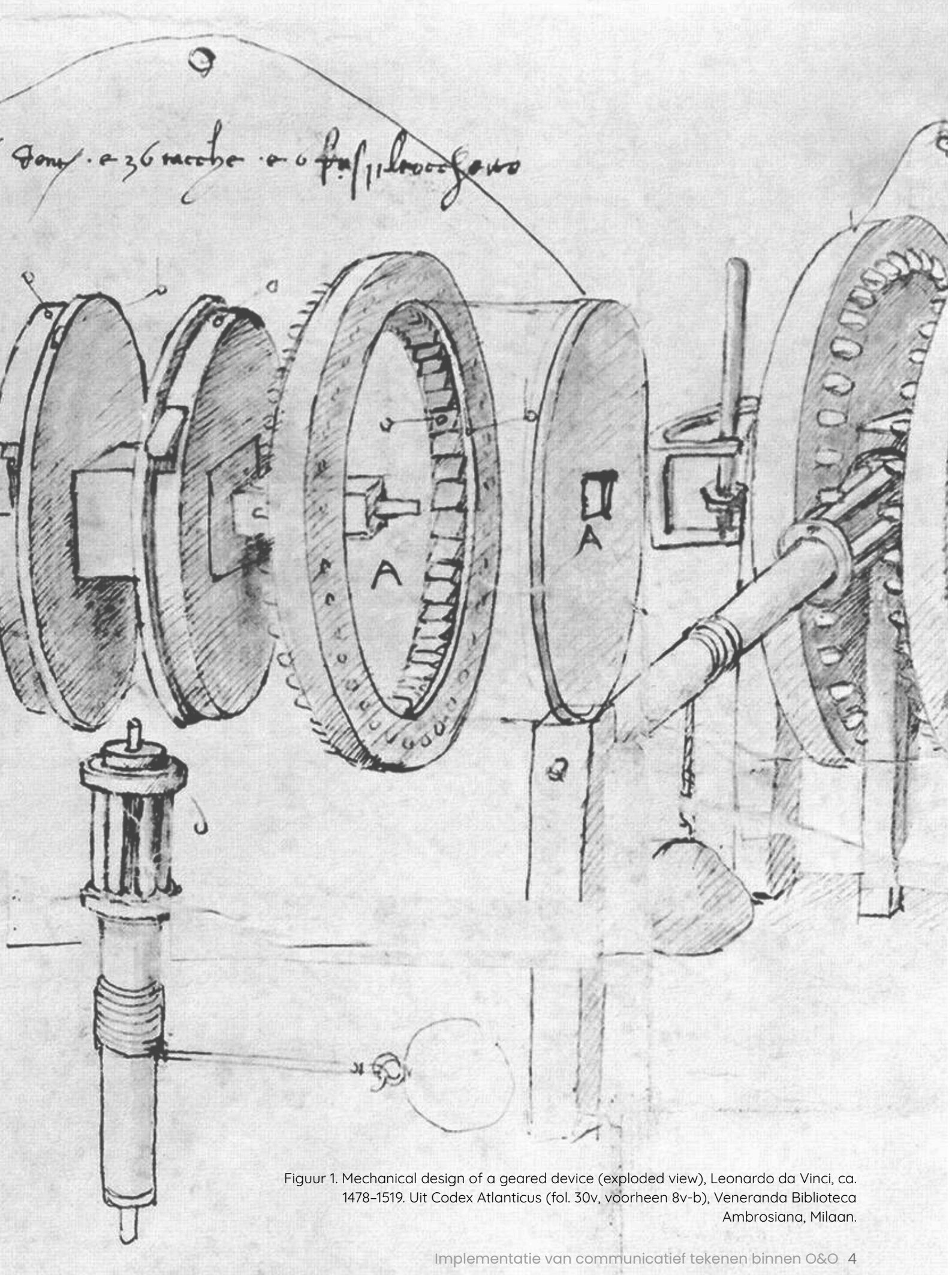
Het achterliggende onderzoek achter dit adviesrapport richt zich op de rol van tekenen als cognitief hulpmiddel en ontwerpinstrument binnen het vak Onderzoek & Ontwerpen (O&O) in het voortgezet onderwijs. O&O is een projectmatig vak waarin leerlingen kennismaken met de beroepspraktijk van wetenschap en techniek door te werken aan authentieke onderzoeks- en ontwerpvraagstukken. Binnen deze context kan tekenen leerlingen ondersteunen bij het visualiseren van ideeën, het doorgronden van problemen en het communiceren van oplossingen. De manier waarop tekenen binnen O&O wordt ingezet, verschilt echter sterk tussen scholen. Sommige scholen beschouwen schetsen als een essentieel onderdeel van het ontwerpproces, terwijl andere scholen voornamelijk gebruikmaken van digitale ontwerptools of schriftelijke communicatie.
Om het belang van tekenen en de invloed ervan op het leer- en ontwerpproces te onderzoeken, is de volgende onderzoeksvraag geformuleerd:

Welke rol speelt tekenen als cognitief hulpmiddel en ontwerpinstrument binnen het vak Onderzoek & Ontwerpen (O&O), en hoe kan deze vaardigheid effectief worden geïmplementeerd ter ondersteuning van leren, redeneren en communiceren binnen wetenschappelijke en technische contexten?

Implementatie-element 3

Dit adviesrapport maakt onderdeel uit van een implementatie-plan voor tekenen in O&O. Het is het 3e element in een reeks van implementatie elementen die tekenen moeten integreren in O&O. Hierover lees je meer in hoofdstuk 3.

Het orginele rapport en het onderzoek kunnen worden gevonden op de repository van de TU Delft onder de naam: Implementing drawing in science and engineering education, geschreven door G.H.J. Bruin.



Figuur 1. Mechanical design of a geared device (exploded view), Leonardo da Vinci, ca. 1478–1519. Uit Codex Atlanticus (fol. 30v, voorheen 8v-b), Veneranda Biblioteca Ambrosiana, Milaan.

CONTEXTUELE LITERATUUR

Hoofdstuk 1: Waarom tekenen belangrijk is

Dit hoofdstuk biedt een overzicht van tekenen als cognitief en communicatief hulpmiddel. Daarnaast wordt ontwikkeling van visuele geletterdheid besproken evenals die van vrijehandschetsen. Hierbij wordt toegelicht hoe elk van deze methoden verschillende aspecten van ideeontwikkeling, conceptvorming en communicatie ondersteunt.

1.1 Hoe tekenen werkt

Dit subhoofdstuk onderzoekt tekenen als cognitief hulpmiddel door de mentale processen te verkennen die betrokken zijn bij het tekenen en de functie ervan in leren en communiceren. Inzicht in deze mechanismen plaatst tekenen niet alleen als een representatieve vaardigheid, maar ook als een manier van denken, leren en ontwerpen.

1.1.1 Tekenen als cognitief proces

Tekenen vanuit observatie

Tekenen vanuit observatie omvat complexe cognitieve processen zoals waarneming, aandacht, geheugen, visuomotorische coördinatie en sociale cognitie (Fan et al., 2023). Safai et al. (2025) gebruikten een longitudinaal resting-state fMRI-onderzoek om te analyseren hoe het leren tekenen veranderingen in de hersenen teweegbrengt. Zij vonden een versterkte functionele connectiviteit in de hersenen na het leren tekenen vanuit observatie. Dit toont aan dat tekenen niet slechts een handmatige of artistieke activiteit is, maar een cognitief complex proces waarin meerdere hersenfuncties samenwerken. Door deze complexiteit kan tekenen worden ingezet als een geschikt instrument voor denken en probleemoplossing.

Tekenen vanuit observatie hangt nauw samen met de manier waarop de hersenen visuele en ruimtelijke informatie verwerken. Vaak wordt tekenen beschreven in termen van een scheiding tussen de functies van de linker- en rechterhersenhelft. Hoewel functies zoals taalverwerking vaker worden geassocieerd met de linkerhersenhelft en visueel-ruimtelijke verwerking met de rechter, blijkt uit onderzoek van Safai et al. (2025) dat tekenen juist berust op de samenwerking van meerdere cognitieve systemen die verspreid zijn over beide hersenhelften.

Edwards (2012) stelt een kader voor waarin het activeren van de zogenoemde “rechterhersenhelft” centraal staat: het deel van de hersenen dat geassocieerd wordt met ruimtelijk, holistisch, intuïtief en non-verbaal denken. Deze functies maken deze hemisfeer niet alleen belangrijk voor het vertalen van visuele waarneming naar een tekening, maar ook voor creatief probleemoplossen, zoals het leggen van verbanden tussen ogenschijnlijk niet-gerelateerde elementen. Door bewust te observeren wat men daadwerkelijk ziet in plaats van wat men denkt te zien, zou deze manier van denken worden geactiveerd. Volgens Edwards vereist dit echter training (Edwards, 2012).

De “gaze-shift”-techniek (Cohen, 2005) wordt vaak toegepast bij tekenen vanuit observatie. Hierbij wisselt de tekenaar voortdurend tussen het object en de tekening. De nauwkeurigheid ontstaat hierbij niet uit geheugen, maar uit actieve waarneming. Deze techniek wordt vooral gebruikt in de beginfase van het leerproces en ondersteunt de ontwikkeling van visuele geletterdheid. Hoewel geheugen een rol speelt in tekenen, blijkt uit onderzoek dat verbeteringen in visueel geheugen domeinspecifiek zijn, wat suggereert dat tekenvaardigheid aangeleerd kan worden en niet louter aangeboren is (Chamberlain & Wagemans, 2016).

Tekenen vanuit verbeelding

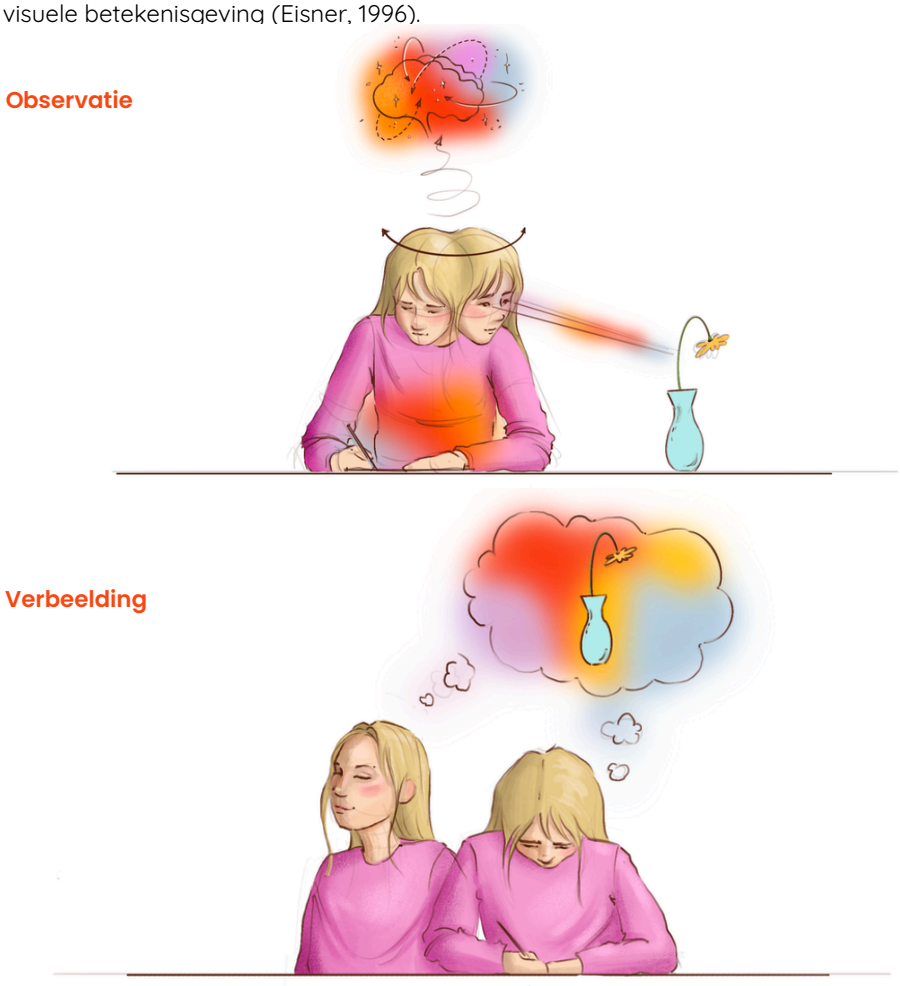
Tekenen vanuit verbeelding verschilt van tekenen vanuit observatie doordat het sterker afhankelijk is van geheugen, conceptuele kennis en verbeeldingskracht. In plaats van direct waargenomen visuele informatie te vertalen, genereert de tekenaar beelden vanuit interne representaties en eerdere ervaringen.

Dit proces steunt vooral op top-down cognitieve mechanismen, waarbij hogere hersengebieden zoals de frontale cortex visuele gebieden aansturen om interne beelden op te roepen zonder externe prikkels (Pearson, 2019). De frontale cortex fungeert hierbij als een soort controlecentrum dat signalen naar de visuele cortex stuurt om zintuiglijke representaties te activeren in afwezigheid van externe input.

Daarnaast is semantische integratie essentieel: het brein combineert informatie uit verschillende kennisnetwerken tot nieuwe visuele representaties die geschikt zijn voor creatief probleemoplossen. Tekenen vanuit verbeelding weerspiegelt daardoor vaak eerder conceptueel en abstract denken dan exacte visuele waarneming (Fan et al., 2023).

Tekenen kan hierdoor worden gezien als een instrument om ideeën te verkennen en te testen, waarbij nieuwe visuele mogelijkheden worden geconstrueerd in plaats van alleen bestaande observaties vast te leggen (Kantrowitz, 2022). De ontwikkeling van dit type tekenen hangt bovendien samen met creatief experimenteren, wat de vorming van nieuwe visuele oplossingen ondersteunt (Oxford, 2023). Het proces omvat de recombinatie van opgeslagen kennis binnen grootschalige hersennetwerken, waardoor nieuwe combinaties van eerder niet-gerelateerde informatie kunnen ontstaan (Andrews-Hanna et al., 2020).

Tot slot draagt tekenen vanuit verbeelding bij aan de ontwikkeling van visuele geletterdheid doordat het het mogelijk maakt visuele symbolen te creëren die ideeën en denkbeelden representeren. Dit proces wordt beschouwd als fundamenteel voor visuele betekenisgeving (Eisner, 1996).



Figuur 2: Tekenen vanuit observatie vs. tekenen vanuit verbeelding

1.1.2 Visuele geletterdheid

Visuele geletterdheid kan worden gedefinieerd als een set vaardigheden die iemand in staat stelt visuele representaties te interpreteren, evalueren en creëren (Force, 2012). Dit maakt visuele geletterdheid tot een essentiële vaardigheid voor zowel het begrijpen van beelden als het communiceren van ideeën via visuele middelen. Beide vaardigheden zijn onmisbaar in het ontwerpproces.
Ondanks de toenemende aanwezigheid van visuele media in (hoger) onderwijs, blijken studenten vaak onvoldoende vaardig in het effectief interpreteren en gebruiken van beelden. Dit onderstreept dat visuele geletterdheid een belangrijke, maar nog onvoldoende ontwikkelde competentie is (Matusiak et al., 2019).
Riley (2017) beschrijft visuele geletterdheid aan de hand van twee theoretische benaderingen. De perceptietheorie gaat over de manier waarop we de wereld waarnemen en helpt studenten zich bewust te worden van verschillende vormen van visuele informatie. De communicatietheorie richt zich op hoe we door middel van tekenen betekenis overbrengen. Samen verklaren deze theorieën waarom tekenen bijdraagt aan de ontwikkeling van creatief en visueel denken.
Leerlingen hebben visuele geletterdheidsvaardigheden nodig om visuele representaties te interpreteren, analyseren en creëren. Visualisatie ondersteunt het denken over concepten, modellen en relaties en helpt studenten bij het begrijpen van ontwerpproblemen en het genereren van ideeën (Güney, 2019).
Onderzoek naar het niveau van visuele geletterdheid onder middelbare scholieren laat zien dat leerlingen relatief hoog scoren op het interpreteren van visuele boodschappen, maar gemiddeld tot laag scoren op het zelf produceren van visuele representaties (Hanci, 2022). Een gebrek aan oefening wordt hierbij als belangrijkste oorzaak genoemd. Daarnaast blijkt dat leerlingen in hogere leerjaren een hoger niveau van visuele geletterdheid laten zien dan leerlingen in de onderbouw. Dit suggereert dat visuele geletterdheid kan worden ontwikkeld door onderwijs en oefening.
Tot slot is gebleken dat visuele geletterdheid positief samenhangt met academische prestaties (Hanci, 2022).

1.2 De functies van tekenen

Tekenen kan verschillende functies hebben, afhankelijk van de context waarin het wordt gebruikt. In vakgebieden zoals architectuur en design wordt tekenen vaak ingezet als communicatiemiddel. Moroni en Lorini (2020) beschrijven verschillende functies van tekenen, waaronder representatieve, instructieve, adviserende en prescriptieve functies. Deze functies zijn vooral gericht op communicatie, omdat ze de uitwisseling van ideeën tussen mensen ondersteunen en helpen bij besluitvorming.

Naast de communicatieve functie heeft tekenen ook een cognitieve functie. Het helpt om gedachten zichtbaar te maken en naar buiten te brengen (visuele geletterdheid). Door te tekenen kunnen ideeën in het hoofd worden omgezet in visuele representaties, waardoor het mogelijk wordt om ideeën te bekijken, aan te passen en opnieuw te ordenen. Zoals eerder besproken, ontstaat tekenen uit een samenspel van perceptie, geheugen, visuomotorische coördinatie en sociale cognitie. Deze processen beïnvloeden zowel het tekenproces als het eindresultaat en bepalen onder andere hoe realistisch of abstract een tekening wordt.
Tekenen vraagt daarom om samenwerking tussen meerdere cognitieve systemen die verspreid zijn over beide hersenhelften, zoals aangetoond in het onderzoek van Safai et al. (2025). Door deze samenwerking kan tekenen niet alleen worden gebruikt als communicatiemiddel, maar ook als middel om te leren, te onderzoeken en te reflecteren.
In de volgende secties worden drie functies die belangrijk zijn voor dit onderzoek verder uitgewerkt: tekenen om te communiceren, tekenen om beredeneren en tekenen om te leren. Andere functies van tekenen, zoals exploratieve en conceptuele toepassingen, worden waar relevant meegenomen in de verdere analyse.

1.2.1 Tekenen om te communiceren

Tversky (2011) stelt dat visuele representaties, zoals tekeningen en diagrammen, functioneren als een vorm van communicatie doordat zij informatie ruimtelijk ordenen. Hierdoor kunnen complexe relaties op een efficiënte manier worden weergegeven. Dit is iets wat met verbale communicatie minder goed mogelijk is, omdat taal vluchtig is en niet vast in de ruimte kan worden weergegeven of overzichtelijk kan worden georganiseerd.
Het succes van een communicatieve tekening hangt af van het vermogen om het perspectief van de kijker aan te nemen en in te schatten welke informatie al bekend is (Fan et al., 2023). Fan et al. (2019) laten zien dat communicatief tekenen sterk afhankelijk is van visuele abstractie (het vermogen om de overeenkomst tussen een object en een tekening ervan te herkennen) en pragmatische inferentie (het vermogen om te bepalen welke informatie nodig is zodat een kijker het doelobject kan onderscheiden van afleiders).
Binnen design wordt tekenen vooral gebruikt om ideeën te communiceren. Schetsen geven niet zozeer de werkelijkheid weer, maar vormen eerder een concept van de werkelijkheid; ze laten zien hoe de ontwerper de werkelijkheid interpreteert en begrijpt (Tversky, 2002).

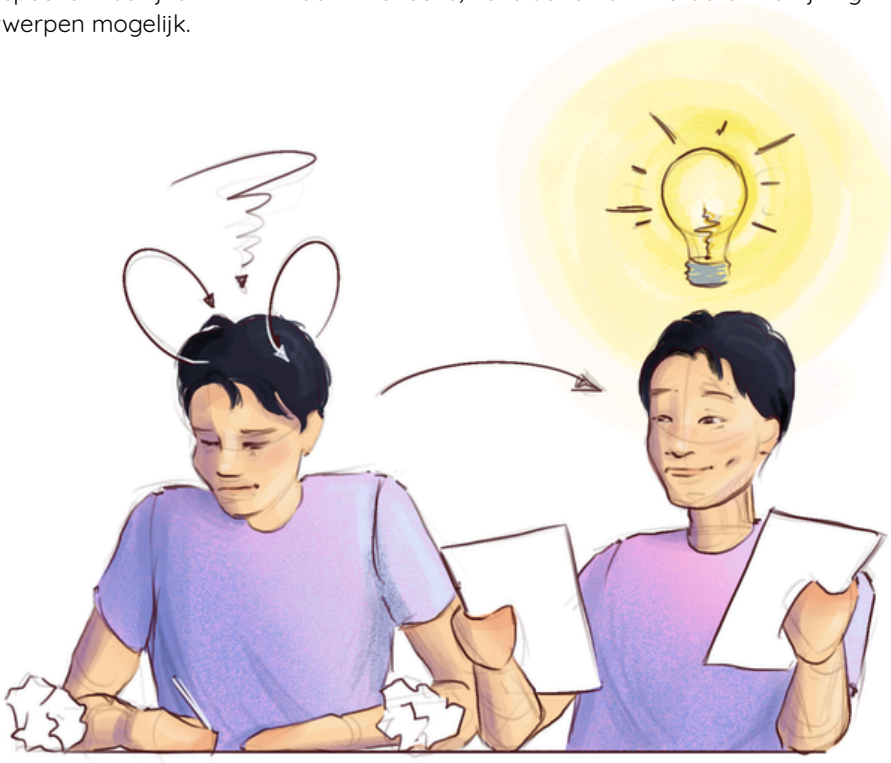


Figuur 3: Tekenen om te communiceren

1.2.2 Tekenen om te beredeneren

Tversky en Suwa (2009) beschrijven verschillende belangrijke redenen om gedachten te externaliseren via schetsen. Schetsen maken het mogelijk om ideeën buiten het hoofd vast te leggen, waardoor vluchtige gedachten permanenter worden en samenhangende concepten beter gestructureerd kunnen worden. Door ideeën op papier te zetten, wordt intern denken toegankelijker, zowel voor de ontwerper zelf als voor anderen. Dit proces maakt het mogelijk om gedachten en redeneringen te ontwikkelen en te herzien, te analyseren en opnieuw te bekijken, en te ordenen en te herordenen. Hierdoor kunnen ideeën uitgebreider worden verkend voor bijvoorbeeld verduidelijking en creatieve ontwikkeling.
Een belangrijk cognitief voordeel van het externaliseren van gedachten is de vermindering van de belasting van het werkgeheugen. Wanneer ideeën extern worden weergegeven, hoeven leerlingen niet alle informatie in hun hoofd vast te houden. Volgens Sweller (2011) maakt deze vermindering van cognitieve belasting het

mogelijk om relaties en redeneringsstappen effectiever te verwerken. Tekeningen maken abstracte verbanden bovendien zichtbaarder, waardoor cognitieve ruimte vrijkomt voor dieper denken en probleemoplossing.
Daarnaast ondersteunt tekenen het redeneren doordat leerlingen visuele modellen kunnen opbouwen en verfijnen. Dit helpt hen om kennis te organiseren en relaties tussen ideeën te toetsen (Quillin & Thomas, 2015). Schetsen verplaatsen ideeën dus van het hoofd naar het papier, waardoor ze kunnen worden aangepast, onderzocht en geëvalueerd. Dit verklaart waarom tekenen ontwerpdenken ondersteunt en iteratieve werkprocessen bevordert.
Schetsen zijn daarbij niet alleen een middel om ideeën met anderen te communiceren, maar ook om met jezelf te communiceren. Door ideeën visueel te externaliseren, kunnen ontwerpers als het ware afstand nemen van hun werk en het vanuit een ander perspectief bekijken. Dit maakt reflectie, evaluatie en verdere verfijning van ontwerpen mogelijk.

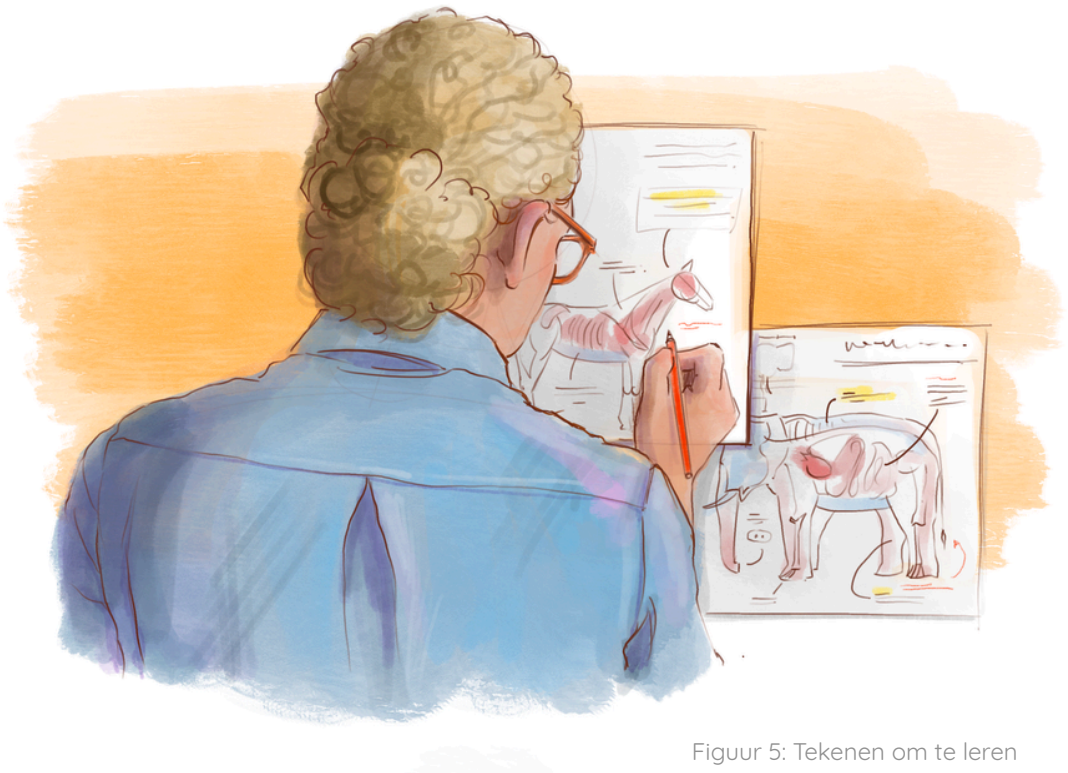


Figuur 4: Tekenen om te beredeneren

1.2.3 Tekenen om te leren

Naast denken en communicatie is tekenen ook veel onderzocht als leermethode. Tekenen draagt het bij aan de ontwikkeling van visuele expertise en visuele geletterdheid, zoals eerder in dit hoofdstuk wordt besproken (Fan et al., 2023).
Cromley et al. (2019) stellen dat leren door tekenen over het algemeen een effectieve leerstrategie is met een positief effect op leerresultaten. De effectiviteit hangt echter af van het type leerdoel. Tekenen werkt het best bij feitelijk leren (het onthouden van informatie), is minder sterk bij inferentieel leren (het begrijpen van verbanden en redeneren), en het minst effectief bij transferleren (het toepassen van kennis in nieuwe situaties). Daarom is het volgens de onderzoekers belangrijk om eerst goed te bepalen welk leerdoel en welke instructie worden gebruikt, omdat de resultaten kunnen verschillen.
In leerfases zie je het ontwerp-proces ook terug: van het verzamelen van kennis (weten), via het begrijpen van relaties (begrijpen), tot het toepassen van ontwerpprincipes voor het bedenken van nieuwe oplossingen (toepassen).

Het belang van instructie wordt verder benadrukt in onderzoek naar “drawing prompts” in actieve leeromgevingen zoals O&O. Wu et al. (2020) laten zien dat het geven van duidelijke tekeninstructies de cognitieve betrokkenheid van studenten verhoogt. Na het gebruik van specifieke aanwijzingen gingen studenten vaker tekenen en vonden zij tekenen ook nuttiger. Dit effect bleef zichtbaar tot het einde van het semester. Daarnaast scoorden studenten die zijn aangewezen op toepassen van tekenen beter op examenvragen die gericht waren op conceptueel begrip dan studenten zonder deze ondersteuning. Dit laat zien dat gerichte instructie belangrijk is.
De resultaten van onderzoek naar leren door tekenen hangen af van het ontwerp van de taak, verschillen tussen leerlingen en de manier van toetsen. Dechamps en Skulmowski (2025) benadrukken daarom dat leren door tekenen alleen goed werkt als de cognitieve belasting van leerlingen niet te hoog wordt. Er is dus behoefte aan goed ontworpen leertaken waarin tekenen op een doordachte manier wordt ingezet.
Ook Van Meter en Garner (2005) wijzen op dit probleem. Zij bespreken hoe strategie-instructie kan helpen om tekenstrategieën effectiever te maken voor leerlingen die tekeningen maken om hun leerdoelen te ondersteunen.



Figuur 5: Tekenen om te leren

1.3 Het belang van tekenen in wetenschap en techniek

In wetenschap en techniek speelt tekenen een fundamentele rol bij het ontwikkelen, communiceren en realiseren van ideeën. Dit hoofdstuk onderzoekt waarom tekenen een essentiële vaardigheid is binnen deze domeinen en vormt daarmee een basis voor het begrijpen van het belang van tekenen binnen het vak Onderzoek & Ontwerpen (O&O) in het voortgezet onderwijs.

“Het belang van het beschikken over visuele geletterdheid bij ingenieursstudenten is al lange tijd erkend. Binnen dit doel is de rol van vrijehands tekenen essentieel. Het is daarom belangrijk om de oefening ervan te versterken ter ondersteuning van engineeringcommunicatie en visueel denken.” (Erro et al., 2024)

Vrijehands tekenen is een kernvaardigheid binnen wetenschap en techniek. Om te begrijpen hoe schetsen het ontwerpproces in de verschillende fasen kunnen

ondersteunen, beschrijven Van der Wal et al. (2024) schetsen als een actieve factor binnen het ontwerpproces die zowel ontwerpers, stakeholders als de uiteindelijke uitkomsten beïnvloedt. Op basis van literatuuronderzoek en interviews met professionele ontwerpers laten de auteurs zien dat schetsen verschillende “affordances” (handelingsmogelijkheden) heeft, afhankelijk van hoe en door wie het wordt gebruikt.

In dit hoofdstuk wordt de rol en het belang van schetsen besproken binnen de verschillende fasen van het ontwerpproces: de onderzoeksfase, de ontwikkelfase en de conceptuele en evaluatiefase. Deze drie fasen sluiten aan bij de ontwerpcyclus die wordt gebruikt binnen O&O en bij cycli in het hoger onderwijs, waar tekenen reeds op grotere schaal wordt toegepast.

1.3.1 De onderzoeksfase

De onderzoeksfase, ook wel de verkennings-, analyse- of probleemdefinitiefase genoemd, richt zich op het begrijpen van het probleem, de context en de gebruikers voordat er oplossingen worden ontwikkeld (Cross, 2011). Het is de eerste fase van het ontwerpproces. Het belangrijkste doel van deze fase is het opbouwen van een goed onderbouwd begrip van de ontwerpcontext, dat richting geeft aan het genereren van concepten (Eppinger & Ulrich, 2011).
Van Meter en Garner (2005) beschrijven tekenen als een strategisch leerproces dat kan worden ingezet als onderzoeksmiddel, waarbij zij het zien als een organiserende strategie voor leren. Visuele representaties kunnen informatie overbrengen die moeilijk in woorden uit te drukken is (McTigue & Croix, 2010). Dit is met name relevant binnen wetenschap en techniek, waar complexe, ruimtelijke en dynamische systemen moeten worden begrepen en gecommuniceerd.
Tekenen vraagt studenten om relevante visuele informatie te selecteren, te organiseren en te representeren. Dit ondersteunt analytische processen en helpt bij het identificeren van relaties tussen verschillende elementen. Het verwerken van deze inzichten is essentieel voor de ontwikkeling van probleemoplossend vermogen (Brun et al., 2016; Forbus et al., 2011). Ook Uziak en Fang (2017) stellen dat tekenen studenten helpt om relaties tussen componenten van een probleem te visualiseren, wat bijdraagt aan een dieper conceptueel begrip.
Tekenen kan daarom worden gezien als een visuele onderzoeksstrategie die helpt om overzicht te creëren. Het heeft bovendien een meer holistisch en breed inzetbaar potentieel binnen universitair onderzoek dan traditionele kwalitatieve of kwantitatieve methoden (Roberts & Riley, 2013).

1.3.2 De ontwikkelingsfase

De ontwikkelfase, ook wel de ideatie-, generatie- of ontwerpfase genoemd, richt zich op het bedenken en verfijnen van mogelijke oplossingen voor het gedefinieerde probleem. Tijdens deze fase gebruiken ontwerpers of ingenieurs schetsen, modellen en prototypes om ideeën te ontwikkelen en te testen (Cross, 2011). Het doel is om de inzichten uit de onderzoeksfase om te zetten in concrete ontwerpvoorstellen (Ambrose & Harris, 2010).
Ontwerpers hebben aan het begin van dit proces nog geen volledig uitgewerkt beeld van hun idee; dit ontstaat juist tijdens het schetsen (Goldschmidt, 1991). Daarom is de ontwikkelfase doorgaans de fase waarin tekenen het meest waardevol is. Het wordt ingezet om ideeën te externaliseren. Dit vormt de eerste belangrijke functie van tekenen in deze fase van de ontwerpcyclus: het vermindert de cognitieve belasting (Brun et al., 2016). Door te tekenen verplaatsen studenten hun ideeën van het hoofd naar papier, waardoor mentale ruimte vrijkomt.
Daarnaast is tekenen in deze fase vooral effectief omdat het studenten in staat stelt snel meerdere ideeën te genereren en deze voortdurend te verbeteren (Uziak & Fang, 2017). Het ondersteunt originaliteit door het stimuleren van innovatie en vernieuwende ideeën (Brun et al., 2016). Dit sluit nauw aan bij creativiteit en creatief

probleemoplossen. Ontwerpers moeten namelijk originele én bruikbare ideeën ontwikkelen en verschillende oplossingsrichtingen verkennen. Creatief denken maakt het mogelijk om verder te gaan dan voor de hand liggende oplossingen en kennis op nieuwe manieren te combineren, wat essentieel is voor innovatie (Runco & Jaeger, 2012).
Tekenen ondersteunt creatief denken doordat ontwerpers visueel kunnen experimenteren, ideeën kunnen herinterpreteren en onverwachte verbanden kunnen leggen die via verbale redenering minder snel ontstaan (Goldschmidt, 1991; Tversky, 2002). Daarnaast stimuleert schetsen divergent denken, een belangrijk onderdeel van creativiteit dat draait om het genereren van veel verschillende ideeën voordat de meest geschikte oplossing wordt gekozen (Guilford, 1950). Door dit iteratieve visuele proces helpt tekenen om abstracte gedachten om te zetten in concrete mogelijkheden, waardoor originaliteit en probleemoplossend vermogen tijdens de ontwikkelfase worden versterkt.
Tot slot vonden Forbus et al. (2011) dat studenten die tekenen gebruiken om verschillende ideeën te verkennen, zich meer gemotiveerd en betrokken voelen bij het project.
Er zijn daarnaast verschillende hulpmiddelen ontwikkeld om ontwerpers te ondersteunen bij het externaliseren van ideeën. Voorbeelden hiervan zijn de morfologische kaart voor systematische ideeontwikkeling (Eppinger & Ulrich, 2011) en storyboards voor het visualiseren van functionele sequenties en gebruikersinteractie (Ambrose & Harris, 2010).

1.3.3 De concept- en evaluatiefase

De conceptuele en evaluatiefase, soms ook aangeduid als testfase, is vaak iteratief en overlapt met de ontwikkelfase. In deze fase ligt de focus op het beoordelen van ontwerpoplossingen en het verbeteren ervan op basis van feedback, met behulp van een testproduct zoals een tekening of prototype (Cross, 2011). Doorlopende evaluatie zorgt ervoor dat het ontwerp voldoet aan de gestelde eisen en de behoeften van de gebruiker (Eppinger & Ulrich, 2011). Het doel van deze fase is het verfijnen en valideren van ontwerpoplossingen voordat deze definitief worden geïmplementeerd (Ambrose & Harris, 2010).
Na het externaliseren van ideeën communiceert een ingenieur deze vaak naar een collega of opdrachtgever. Tekenen speelt hierin een essentiële rol, omdat het denkprocessen visueel maakt. Zoals eerder genoemd kunnen visuele representaties informatie bevatten die niet goed in woorden of gesproken taal kan worden overgebracht. Hierdoor kan de ontwerper een idee tonen in een ruimtelijke context (McTigue & Croix, 2010).
Communicatie wordt in verschillende bronnen genoemd als een van de belangrijkste redenen om tekenonderwijs in wetenschap en techniek te stimuleren (Erro et al., 2024; Forbus et al., 2011; McTigue & Croix, 2010; Povinelli, 2025; Uziak & Fang, 2017). Yang en Cham (2006) suggereren bovendien dat er een verband bestaat tussen het schetstalent van een ontwerper en het vermogen om ideeën mentaal te visualiseren (visuele geletterdheid) of via prototypes. Hierdoor versterken tekenen, denken en visualiseren elkaar in het ontwerpproces.

1.3.4 Relevantie in professionalisering

In wetenschap- en techniekonderwijs leren studenten vooral visuele informatie te interpreteren. Vaak leren zij echter niet hoe zij zelf visuele representaties kunnen maken (Forbus et al., 2011). Naast de eerder genoemde redenen waarom het belangrijk is dat studenten in wetenschap en techniek kunnen tekenen, speelt ook mee dat tekenen veel wordt gebruikt in de professionele bèta- en technische praktijk (Wu & Rau, 2019).

Toepassingen van tekenen in wetenschap- en techniekonderwijs

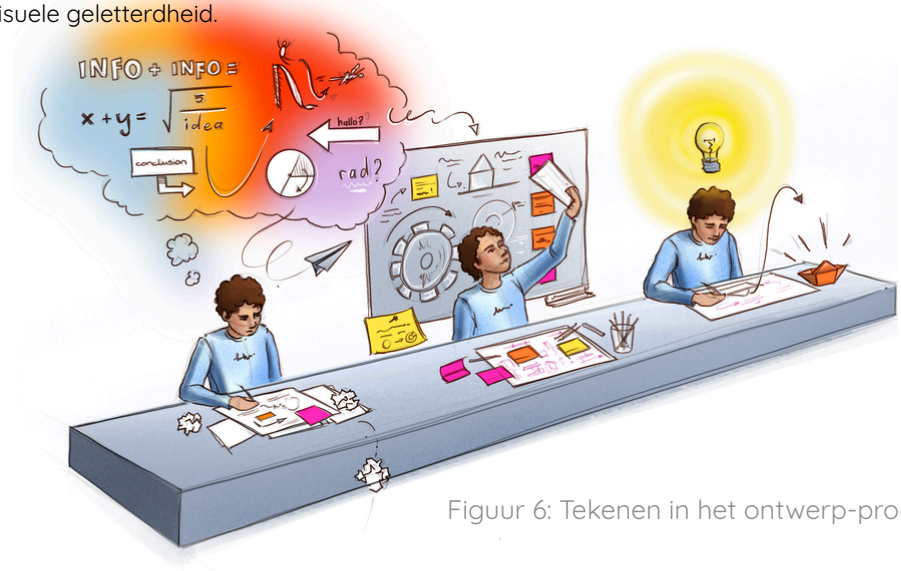
Studenten hebben vaak moeite met visuele expressie, bijvoorbeeld door beperkingen in mentale verbeelding (visuele geletterdheid) of door angst om fouten te maken (Povinelli, 2025). Dit werd ook bevestigd in het empirische deel van dit onderzoek. Om deze problemen te verminderen en tekenen te stimuleren binnen het techniekonderwijs, zijn er verschillende interventies ontwikkeld die studenten aanmoedigen om meer te tekenen of hen zelfs leren tekenen. Deze interventies laten over het algemeen positieve resultaten zien.

Hilton et al. (2016) onderzochten bijvoorbeeld het effect van een cursus perspectieftekenen op ingenieursstudenten. In veel technische opleidingen is het aanleren van schetsvaardigheden verdwenen doordat CAD-software steeds geavanceerder is geworden. Toch benadrukken de auteurs dat schetsen belangrijke voordelen heeft. Daarom werd een cursus perspectiefschetsen geïmplementeerd. De resultaten lieten zien dat studenten verbeterden in ruimtelijk inzicht en hun zelfvertrouwen in ontwerpvaardigheden (design self-efficacy) toenam. Daarnaast gaven studenten aan dat deze vaardigheden nuttig waren voor toekomstige opdrachten en hun latere carrière.

Lyon et al. (2016) vonden een positieve verandering in de houding van studenten ten opzichte van tekenen (en de waarde ervan als leermiddel) nadat een optionele tekencursus werd aangeboden aan geneeskundestudenten. In een studie van Newton et al. (2024) bleek dat studenten vaak geen schetsen maken voordat zij overstappen op CAD (Computer-Aided Design). Zij introduceerden daarom een tekencursus voor tweedejaarsstudenten, gegeven door een professionele kunstenaar, waarin basisvormen, schaduwtechnieken en perspectieftekenen werden behandeld. Na afloop van de cursus gaf 85% van de studenten aan meer zelfvertrouwen te hebben in het maken van schetsen.

In de biologie kan tekenen effectief worden ingezet om geheugen te versterken en visuele modellen te ontwikkelen, waardoor het een waardevol leermiddel is. Toch blijkt uit onderzoek van Heideman et al. (2017) dat studenten terughoudend zijn om tekenen als studiemethode te gebruiken. Zij implementeerden daarom een interventie genaamd minute drawing. Acht maanden later gaf 70% van de studenten aan deze methode nog steeds te gebruiken, omdat het leidde tot snellere beheersing van leertaken.

Deze bevindingen suggereren dat wanneer studenten zowel vaardigheden als mogelijkheden krijgen om te tekenen, hun zelfvertrouwen toeneemt en hun waardering voor tekenen verbetert. Hierdoor zijn zij eerder geneigd tekenen zelf als leermiddel te gebruiken. Tegelijkertijd is hiervoor wel de aanwezigheid van docenten nodig die tekenvaardigheden kunnen onderwijzen binnen wetenschap en techniek. Stokes (2002) pleit daarom voor docenten die zowel de taal van visuele representatie beheersen als didactische vaardigheden hebben om visueel onderwijs te geven. Hij benadrukt dat docenten hiervoor ondersteuning nodig hebben bij het ontwikkelen van visuele geletterdheid.



Figuur 6: Tekenen in het ontwerp-proces

Toepassing van tekenen in STEM-leercontexten (O&O-vak)
In het hoger wetenschap- en techniekonderwijs wordt tekenen gezien als een essentieel hulpmiddel voor denken, communiceren en het ontwikkelen van ideeën, zoals eerder is geconcludeerd. Toch beschikken veel studenten die deze richtingen instromen niet over basisvaardigheden in schetsen. Dit komt grotendeels doordat tekenen in eerdere onderwijsfasen niet systematisch wordt aangeleerd (Samaniego et al., 2024). In een studie van Kelley & Sung (2017) over het aanleren van schetsvaardigheden aan jongere leerlingen in STEM-contexten, blijkt dat leerlingen hun tekenvaardigheid aanzienlijk verbeteren wanneer zij gerichte instructie en begeleiding krijgen. Daarnaast verschuift hun gebruik van schetsen: van het enkel vastleggen van ideeën naar het inzetten van schetsen als vorm van ontwerpcommunicatie en het iteratief verbeteren van ontwerpideeën. Schetsen wordt daarmee niet alleen een middel om ideeën te bewaren, maar ook een actief ontwerpinstrument. Verder kan schetsen leerlingen ondersteunen bij het leren van natuurwetenschappelijke concepten door het ontwikkelen van mentale modellen. Wu & Rau (2019) bevestigen dat het werken met tekeningen leerlingen helpt om complexe visuele informatie beter te verwerken en abstracte wetenschappelijke concepten concreter te maken. Zonder vroege blootstelling aan tekenpraktijken kunnen studenten later moeite ervaren bij taken die visuele representatie of ruimtelijk inzicht vereisen.

Het belang van het integreren van tekenen in het onderwijs wordt nog duidelijker binnen STEAM-onderwijs. De toevoeging van de kunst aan STEM benadrukt het belang van creativiteit, verbeelding en holistisch denken in het middelbaar en voortgezet onderwijs. Yakman (2010) stelt dat de disciplines binnen STEAM sterk met elkaar verbonden zijn in het oplossen van complexe maatschappelijke vraagstukken. Daardoor vereist betekenisvolle innovatie een vroege kennismaking met en begrip van deze domeinen. In recente jaren heeft de opleiding Industrieel Ontwerpen aan de Technische Universiteit Delft een verschuiving doorgemaakt: van een opleiding die zich vooral richtte op het ontwerpen van tastbare producten, naar een opleiding die zich richt op het oplossen van complexe maatschappelijke vraagstukken door middel van een holistische systeembenadering. Deze ontwikkeling is niet uniek voor Delft; Irwin et al. (2020) beschrijven dat het ontwerpvakgebied zich wereldwijd snel ontwikkelt richting het aanpakken van complexe ecosystemen en maatschappelijke veranderingen via systeemdenken. (Technische Universiteit Delft, 2014; Technische Universiteit Delft, 2025)
Een STEAM-aanpak kan leerlingen helpen om dit soort holistisch probleemoplossing-vaardigheden te ontwikkelen. Aguilera & Ortiz-Revilla (2021) tonen aan dat zowel STEM- als STEAM-benaderingen een positief effect hebben op de creativiteit van leerlingen. De integratie van tekenen en artistieke praktijken binnen STEM-onderwijs is daarom essentieel voor het ontwikkelen van creatieve vaardigheden die nodig zijn in moderne technische en ontwerpprocessen.
Ondanks deze voordelen zijn er verschillende barrières die de implementatie van tekenonderwijs in het middelbaar onderwijs belemmeren. Een belangrijk knelpunt is de voorbereiding en houding van docenten. Onderzoek onder O&O-docenten in Nederland laat zien dat zij over het algemeen wel vertrouwen hebben in het begeleiden van onderzoeksactiviteiten, maar ontwerpprojecten minder relevant vinden (Vossen et al., 2019).
Daarnaast spelen bredere systeemfactoren een rol. Onderwijssystemen leggen vaak de nadruk op analytische en talige vaardigheden, waardoor er weinig ruimte overblijft voor visuele en creatieve activiteiten. Li (2023) stelt dat modern onderwijs verder moet gaan dan alleen technische kennis en ook aandacht moet besteden aan menselijke en creatieve ontwikkeling, inclusief verbeelding en esthetisch bewustzijn. Het realiseren van deze verschuiving vraagt echter om veranderingen in curriculumontwerp, lerarenopleiding en toetsing.
Samenvattend laat het hoger onderwijs duidelijk zien dat tekenen waardevol is binnen wetenschap en techniek, maar ontbreekt in eerdere onderwijsfasen vaak de

structurele training. Hierdoor ontstaat een vaardigheidskloof. Het integreren van schetsen in middelbaar en voortgezet onderwijs is daarom essentieel om de eerder genoemde redenen. Het ondersteunt creativiteit en cognitieve ontwikkeling en sluit aan bij het interdisciplinaire karakter van O&O- en STEAM-onderwijs. Het overbruggen van bestaande barrières vereist een gezamenlijke inspanning op het gebied van lerarenopleiding, curriculumontwikkeling en onderwijsbeleid.

1.4 De invloed van de ontwikkeling op tekenen en waarneming tijdens de vroege adolescentie.

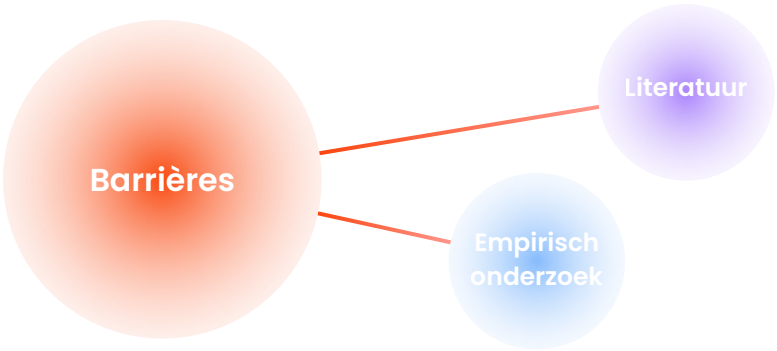
Tekenen speelt een belangrijke rol in de cognitieve en perceptuele ontwikkeling tijdens de vroege adolescentie. Het hangt nauw samen met de ontwikkelingsprocessen die in de voorgaande secties zijn beschreven. Onderzoek binnen de kunsteducatie en ontwikkelingspsychologie laat zien dat tekengedrag verandert in de vroege adolescentie (12 tot 15 jaar), met name wanneer leerlingen geconfronteerd worden met realisme, technische vaardigheid en sociale vergelijking (Golomb, 2003; Parsons & Gardner, 1981). Inzicht in de manier waarop adolescenten doorgaans tekenen, biedt waardevolle informatie over hun leerbehoeften, motivatie en mogelijke onzekerheden bij het uitvoeren van ontwerpschetsopdrachten.
Volgens het ontwikkelingsmodel van Parsons (1987) komen vroege adolescenten terecht in de zogenoemde pseudo-naturalistische fase. Deze fase treedt op rond de leeftijd van 12 tot 14 jaar. In deze periode streven adolescenten er steeds meer naar om realistische tekeningen te maken. Ze richten zich sterker op perspectief en detail en hechten meer belang aan visuele nauwkeurigheid. Tegelijkertijd worden zij zelfkritischer en vergelijken zij hun werk met realistische standaarden. Deze overgang leidt vaak tot frustratie wanneer hun tekenvaardigheid niet overeenkomt met hun verwachtingen, wat de motivatie en bereidheid om te blijven tekenen negatief kan beïnvloeden (Golomb, 2003).
Het toegenomen zelfbewustzijn dat wordt beschreven in cognitieve ontwikkelingstheorieën (Piaget, 1977) beïnvloedt eveneens het tekengedrag. Naarmate adolescenten abstracter gaan redeneren en metacognitieve vaardigheden ontwikkelen, gaan zij hun eigen werk kritischer beoordelen (Winner, 1982). Dit kan ertoe leiden dat zij onzeker worden over hun vaardigheden en tekenopdrachten zelfs gaan vermijden.

Naast cognitieve veranderingen spelen ook socioculturele invloeden een belangrijke rol in de manier waarop adolescenten leren tekenen. Onderzoek van Payne (2022) laat zien dat tekenontwikkeling sterk wordt beïnvloed door sociale context, visuele cultuur en interactie met leeftijdsgenoten. Adolescenten leren tekenstrategieën vaak door imitatie, observatie en blootstelling aan het werk van anderen. Deze invloeden versterken het belang van sociale vergelijking en kunnen gevoelens van onzekerheid vergroten wanneer leerlingen hun eigen werk vergelijken met dat van anderen.
Ook de perceptuele ontwikkeling in de adolescentie beïnvloedt de tekenresultaten. Het perceptuele begrip ontwikkelt zich vaak sneller dan de motorische uitvoering (Cox, 1993). Golomb (2004) stelt dat deze ongelijkmatige ontwikkeling kan bijdragen aan frustratie en verminderde betrokkenheid bij tekenen.
Ten slotte wordt tekenvaardigheid vaak gezien als een vaste gave in plaats van een vaardigheid die kan worden ontwikkeld. Adolescenten die geloven dat tekenen een aangeboren talent is, zijn eerder geneigd om op te geven wanneer zij moeilijkheden ervaren bij tekenopdrachten (Dweck, 2006). Dit is met name relevant in onderwijscontexten, waar docentondersteuning en gestructureerde feedback een belangrijke invloed kunnen hebben op het zelfvertrouwen en de doorzettingskracht van leerlingen.

GEÏDENTIFICEERDE BARRIÈRES

Hoofdstuk 2: Barrières voor de integratie van tekenen in wetenschap- en techniekonderwijs

Bij het implementeren van tekenen in wetenschap- en techniekonderwijs zijn verschillende barrières te identificeren. Om hiervan een volledig overzicht te geven, bespreekt dit hoofdstuk bevindingen uit diverse literatuurstudies die de beperkte inzet van tekenen binnen wetenschap en techniek hebben onderzocht. Vervolgens worden deze inzichten aangevuld met resultaten uit interviews met O&O-docenten en professionals, om te verkennen hoe tekenen in de onderwijspraktijk wordt toegepast binnen O&O-onderwijs.
Op deze manier worden theoretische bevindingen uit de literatuur verbonden met de manier waarop deze barrières zich in de praktijk manifesteren. Het empirisch onderzoek biedt inzicht in het gebruik van vrijehands schetsen door leerlingen, de uitdagingen die zij ervaren en de manieren waarop docenten en scholen de ontwikkeling van deze vaardigheden ondersteunen.
Het begrijpen van deze onderwijspraktijken is essentieel voor dit onderzoek, omdat het de rol van tekenen binnen het ontwerpproces contextualiseert en bestaande tekorten in vaardigheden, instructie en beschikbare middelen in kaart brengt. Dit hoofdstuk vormt daarmee de basis voor het verbinden van cognitieve en motivationele aspecten van adolescent leren (zoals besproken in eerdere hoofdstukken) met de praktische toepassing in de klas.



Figuur 7: Barrières gevonden in zowel literatuur als in de praktijk.

2.1 Barrières volgens de literatuur

De toepassing van tekenen in wetenschap- en techniekonderwijs blijft beperkt. Een belangrijke oorzaak hiervan is dat docenten en onderwijsorganisaties onvoldoende bekend zijn met de positieve effecten van tekenactiviteiten. Daarnaast is er weinig duidelijkheid over hoe effectieve tekencurricula in STEM-leeromgevingen kunnen worden ontworpen (Wu & Rau, 2019).
Dit probleem speelt niet alleen in het middelbaar onderwijs, maar ook in het hoger onderwijs. Docenten benadukken de functies van tekenen binnen verschillende disciplines vaak niet (Anning, 1999). Moderne benaderingen van technisch en ingenieursonderwijs bevatten bovendien steeds minder expliciete aandacht voor schetsen (Vuletic & Hay, 2025), waardoor toekomstige ingenieurs beperkte training krijgen in vrijehands tekenen (Weaver et al., 2024).
Dit kan ertoe leiden dat studenten vrijehands schetsen ook in hun academische werk nauwelijks toepassen (Booth et al., 2025; Erro et al., 2024; Weaver et al., 2024). Het gebrek aan onderwijsinbedding en de daaruit voortvloeiende terughoudendheid om te schetsen, evenals het beperkte oefenaanbod, leidt tot verschillende onderliggende problemen:

2.1.1 Gebrek aan onderwijs en vaardigheden

Een van de belangrijkste onderliggende problemen is dat studenten zonder instructie en oefening onvoldoende vaardigheden en basiskennis ontwikkelen om tekenen effectief te gebruiken als leer- of communicatiemiddel binnen engineering en design (Erro et al., 2024). Kort gezegd: de tekenvaardigheid neemt geleidelijk af (Fava, 2019).
Tversky (2002) beschrijft aanleg en expertise als twee bepalende factoren in de ontwikkeling en het gebruik van schetsen als vaardigheid. Het gebrek aan deze vaardigheden maakt het voor studenten moeilijker om gedachten en ideeën visueel op papier te zetten (Orthel & Day, 2016). Het tekenen om denkprocessen te communiceren wordt steeds vaker erkend als een belangrijke vaardigheid voor innovatie, maar wordt in het onderwijs nog zelden expliciet aangeleerd (Fava, 2019).
Zonder training of voldoende oefening nemen zowel ervaren als ervaren tekortkomingen in tekenvaardigheid toe bij studenten (Booth et al., 2025).

2.1.2 Onzekerheid

Deze ervaren tekortkoming kan leiden tot onzekerheid bij studenten (Di Giovanni, 2024; Vuletic & Hay, 2025). Deze persoonlijke remming zorgt ervoor dat studenten hun schetsen “perfect” willen maken (Booth et al., 2025), terwijl artistieke perfectie in het ingenieursonderwijs niet vereist is.
Deze behoefte aan perfectie is vooral sterk aanwezig bij jonge adolescenten. Al vóór de adolescentiefase ontwikkelt zich een gevoel voor perfectionisme. In combinatie met de kritische houding die kenmerkend is voor adolescenten, leidt dit ertoe dat studenten streven naar zo goed mogelijke of zelfs perfecte tekeningen (Edwards, 2013).
Daarnaast speelt de angst om beoordeeld te worden door medestudenten een belangrijke rol. In situaties waarin leerlingen worden geconfronteerd met beter uitgevoerde schetsen, vergelijken zij hun eigen werk vaak met dat van anderen (Booth et al., 2025).

2.1.3 Tekenen: “een irrelevante vaardigheid”

Een ander gevolg van het gebrek aan tekenonderwijs is dat studenten tekenen vaak als een irrelevante vaardigheid voor wetenschap en techniek beschouwen (Schmidt et al., 2012). Docenten presenteren tekenen bovendien zelden als een hulpmiddel voor probleemoplossing, waardoor studenten zich niet bewust zijn van de potentie ervan (Anning, 1999).
Omdat tekenen cognitief veeleisend en tijdrovend kan zijn, hebben studenten soms moeite om de verschillende processen te combineren, zoals het genereren van ideeën, het organiseren van ruimtelijke informatie en het nauwkeurig weergeven van details. Zonder adequate onderwijsondersteuning leidt dit ertoe dat studenten mogelijk geen kwalitatief goede tekeningen maken (Fiorella & Zhang, 2018).
Dit gebrek aan inzicht in de functies van tekenen, gecombineerd met andere negatieve ervaringen tijdens het proces, zorgt er vaak voor dat studenten een voorkeur ontwikkelen voor digitale visualisatietools (Booth et al., 2025). Dit kan ertoe leiden dat beginnende ingenieurs en studenten direct overstappen op CAD zonder eerst schetsen te maken (Newton et al., 2024). De opkomst van digitale teken- en modelleringstools draagt daarmee bij aan een afname van handmatig tekenen binnen wetenschap en techniek (Uziak & Fang, 2017).

2.2 Barrières gevonden in het empirisch onderzoek binnen het O&O-onderwijs

2.2.1 Introductie

Om beter te begrijpen hoe O&O-lessen worden gegeven en hoe tekenen in de klas wordt geïntegreerd, zijn semi-gestructureerde interviews uitgevoerd met professionals in het veld en O&O-docenten. Dit onderzoek hanteert een kwalitatieve benadering, omdat het gericht is op het verkrijgen van diepgaand inzicht in de manier waarop tekenen binnen O&O wordt toegepast, evenals op de meningen en visies van de respondenten over dit onderwerp.

In totaal zijn 20 respondenten geïnterviewd, bestaande uit 4 experts binnen het O&O-veld en 16 O&O-docenten. Deze docenten zijn werkzaam op 15 verschillende scholen verspreid over Nederland. Daarnaast zijn 4 professionals uit het werkveld geïnterviewd. Zij werken onder andere bij de Technasium Stichting en aan twee verschillende lerarenopleidingen in Nederland (Delft en Eindhoven).
Verder zijn ook interviews afgenomen met tekendocenten binnen andere ontwerpvakken in het voortgezet onderwijs (dus buiten O&O). Deze interviews zijn uitgevoerd om inzicht te krijgen in de tekenvaardigheden van leerlingen, met specifieke aandacht voor de ontwikkeling van deze vaardigheden.

De geïnterviewde docenten zijn voornamelijk bevraagd over de volgende onderwerpen:

- De algemene visie op tekenen als vaardigheid binnen het onderwijs
- Het ontwerp en de didactische aanpak van O&O-lessen
- Beschikbare middelen, werkwijzen en ervaringen van leerlingen
- De toepassing en rol van tekenen binnen deze lesopbouw
- Barrières bij de toepassing van tekenen binnen O&O
- Wensen en mogelijke oplossingsrichtingen

2.2.2 Bevindingen

Uit de enquête kwamen verschillende bevindingen naar voren. Deze zijn gebaseerd op citaten van de respondenten die anoniem worden weergegeven. Hieronder worden de belangrijkste bevindingen en overkoepelende thematische conclusies besproken.

Vrijehands schetsen binnen O&O
Binnen O&O wordt handmatig tekenen op verschillende manieren ingezet. Zo wordt het gebruikt om ideeën snel te communiceren met teamgenoten, de docent of de opdrachtgever via schetsen. Daarnaast ondersteunt handtekenen het itereren en verbeteren van ideeën, doordat concepten visueel snel aangepast kunnen worden.
Ook wordt tekenen gebruikt om ideeën verder uit te werken en te verfijnen. Het speelt een rol bij het maken van maatgevende tekeningen, zoals schaaltekeningen, plattegronden en aanzichten, die dienen als basis voor de uitvoering van ontwerpen in het lokaal of de werkplaats. Tot slot wordt handtekenen ingezet om het eindontwerp te presenteren aan de opdrachtgever via een presentatie-tekening.
Handtekenen vindt voornamelijk plaats in de brainstorm- en conceptfase, en in mindere mate in de presentatiefase. In dit onderzoek ligt de focus uitsluitend op vrijehands tekenen; technisch tekenen met computerondersteuning (CAD) wordt buiten beschouwing gelaten.

In de volgende secties worden citaten gebruikt om de onderzoeksresultaten te onderbouwen. De citaten worden aangeduid met het volgende symbool:



Moeilijkheden die leerlingen ervaren

De problemen rondom tekenen binnen Research & Development bij leerlingen kunnen worden onderverdeeld in zes hoofdgroepen: een gebrek aan vaardigheden, onzekerheid en mindset, motivatieproblemen, verschillen in vaardigheidsniveau, de invloed van digitalisering en een gebrek aan oefening.

1. Gebrek aan kennis en vaardigheden

Veel leerlingen hebben nooit expliciet leren tekenen en beschikken daardoor over onvoldoende basisvaardigheden. Zo ervaren zij bijvoorbeeld extra moeilijkheden bij het maken van (ruimtelijke) 3D-tekeningen en vinden zij het lastig om ideeën uit hun hoofd op papier te zetten. Dit beperkt hun vermogen om tekeningen effectief in te zetten binnen het ontwerpproces.

> “Ik zou het fijn vinde als ze in de bovenbouw wat beter kunnen tekenen, want eigenlijk leren ze dat niet.”
> -Anonieme docent

2. Onzekerheid en mindset

Naast vaardigheden speelt ook de mindset van leerlingen een belangrijke rol. Leerlingen zijn vaak onzeker over hun tekenvaardigheden en kunnen angst ervaren bij het tekenen. Zij geven regelmatig aan dat ze “niet kunnen tekenen” en benaderen tekenen als iets dat goed of fout kan zijn. Hierdoor verwachten zij eerder een artistieke beoordeling, wat de drempel om te tekenen verder verhoogt.

> “Ik denk dat ze het moeilijk vinden omdat ze denken dat ze niet goed kunnen tekenen, toch? Dat ze al bepaalde verwachtingen hebben van een schets.”
> -Anonieme docent

> “Veel leerlingen zijn bang om te tekenen“
> -Anonieme docent

3. Verschillen in vaardigheidsniveau tussen leerlingen

Binnen klassen bestaan grote verschillen in tekenvaardigheid. Deze verschillen kunnen de onzekerheid van minder vaardige leerlingen versterken, waardoor zij minder geneigd zijn om te tekenen en terughoudender worden in ontwerpprocessen.

> “Leerlingen die goed kunnen tekenen, intimideren anderen.”
> -Anonymous teacher

4. Motivatie en houding

De motivatie om te tekenen is bij veel leerlingen beperkt. Opvallend is dat veel docenten aangeven dat zij niet altijd de meerwaarde van tekenen binnen het ontwerpproces zien en het soms beschouwen als een overbodige stap (die op veel scholen wel verplicht is). Hierdoor slaan leerlingen het tekenen soms over en gaan zij direct over tot het bouwen van een product. Volgens docenten is dit ook een van de minst favoriete onderdelen van de gemiddelde O&O-leerling.

> “Ze zien totaal geen nut in technisch tekenen. Ze slaan het volledig over. Ze beginnen meteen met het maken van een maquette, en heel vaak klopt de verhouding dan niet.”
> -Anonymous teacher

> “Studenten zien de meerwaarde er niet echt van in. En ik denk dat dat het grootste probleem is: ze willen gewoon meteen naar de werkplaats en beginnen met bouwen.”
> -Anonymous teacher

5. Invloed van digitalisering

Veel docenten wijzen ook op de mogelijke invloed van digitalisering op de tekenvaardigheden van leerlingen. Doordat leerlingen opgroeien in een digitale omgeving, zouden ruimtelijk inzicht, fijne motoriek en hand-oogcoördinatie minder sterk ontwikkeld kunnen zijn.

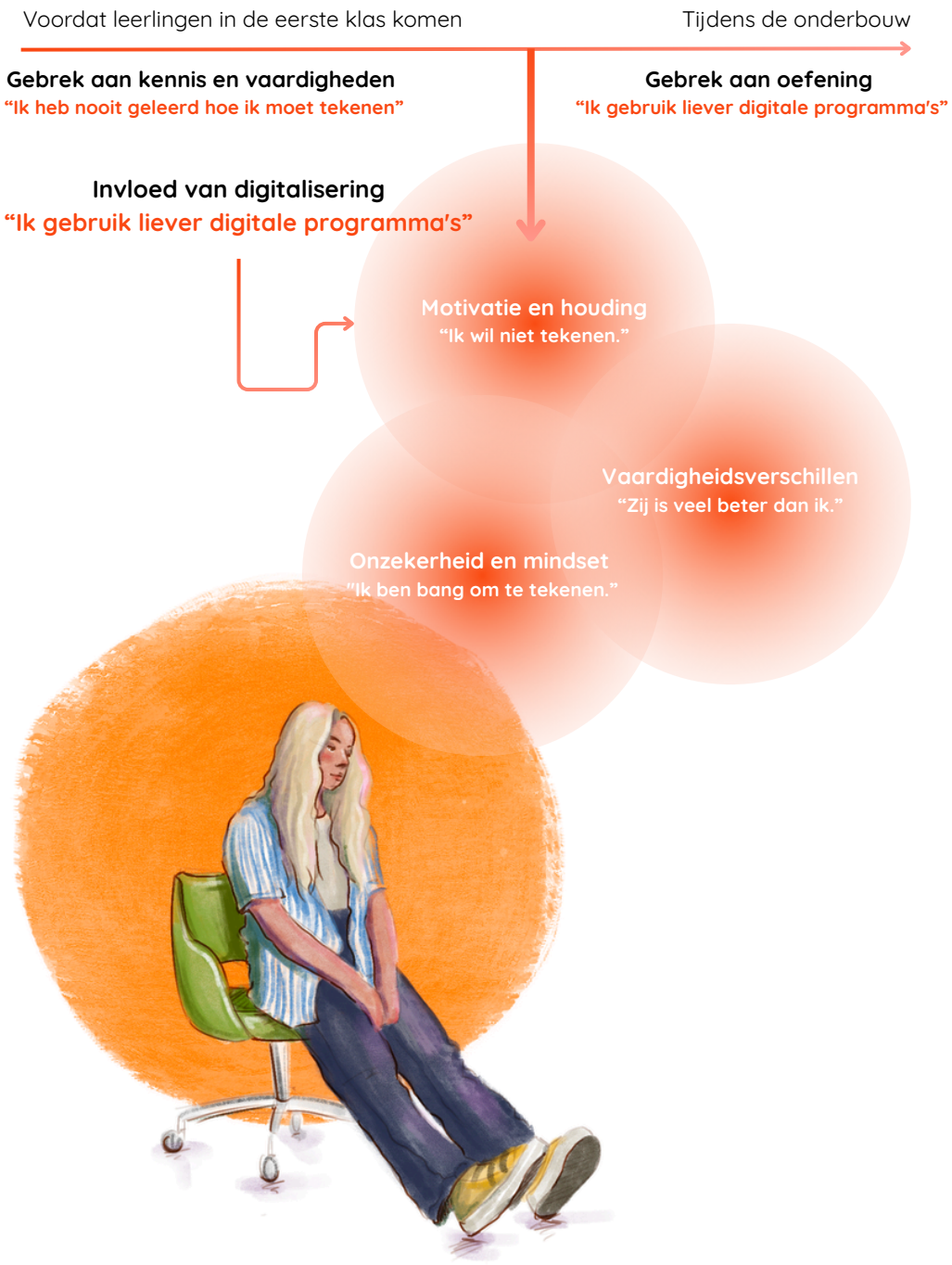
> “Hun hand-oogcoördinatie is niet meer zo goed, of ze hebben er het geduld niet meer voor. Ze hebben andere hobby’s.”
> -Anonymous teacher

"Fijne motoriek: we zien ook dat het handschrift achteruitgaat; ze lopen wat achter op vroeger."
-Anonymous teacher

6. Gebrek aan oefening

Tot slot speelt een gebrek aan oefening en ervaring een rol. Leerlingen tekenen vaak niet meer in hun vrije tijd, en binnen O&O-lessen wordt soms weinig tot geen aandacht besteed aan tekenen. Daarnaast volgen niet alle leerlingen een teken- of kunstvak in het voortgezet onderwijs. Bovendien worden veel handmatige taken tegenwoordig overgenomen door digitale tools, waardoor leerlingen minder kansen hebben om hun tekenvaardigheden te ontwikkelen.

"Ze brainstormen meestal door dingen op te schrijven."
-Anonymous teacher



Figuur 8: visueel overview van moeilijkheden die leerlingen ervaren

Moeilijkheden die docenten en organisaties ervaren

De knelpunten rondom het inzetten van tekenen binnen O&O kunnen vanuit het perspectief van docenten en organisaties worden onderverdeeld in vier hoofdgroepen: gebrek aan tijd, het ontbreken van een vaste plaats in het curriculum, verwachtingen en houding, en een gebrek aan expertise.

1. Gebrek aan tijd

Een gebrek aan tijd wordt door veel docenten genoemd als reden om tekenen niet structureel binnen O&O aan te bieden. Sommige scholen geven aan dat er binnen de reguliere lessen onvoldoende tijd beschikbaar is, mede door het grote aantal leerdoelen dat vanuit de Stichting Technasium is vastgesteld. Tegelijkertijd zijn er ook scholen die deze opvatting tegenspreken en aangeven dat tekenen wel degelijk in het curriculum kan worden geïntegreerd.

Daarnaast ervaren docenten dat leerlingen relatief veel tijd nodig hebben om te tekenen, waardoor de drempel om tekenactiviteiten in te zetten hoger wordt. Hoewel er vaak geen ruimte is voor aparte vaardigheidsworkshops, krijgt tekenen op sommige scholen wel beperkt aandacht tijdens de reguliere lessen.

> “Door tijdsgebrek hebben we daar geen tijd meer voor.”
> -Anonieme docent

2. Geen vaste plaats in het curriculum

Tekenen wordt binnen O&O vaak nog niet beschouwd als een officiële vaardigheid en heeft daardoor geen vaste plaats in het curriculum. Er ontbreekt een duidelijke leerlijn waarin tekenvaardigheden stapsgewijs worden opgebouwd, en tekenen wordt in het huidige examenprogramma niet expliciet genoemd. Hierdoor krijgt het vakgebied binnen veel scholen geen structurele plaats in het onderwijs.

> “Ik moet zeggen dat we op dit moment tekenen niet als vaardigeheid aanbieden.”
> -Anonieme docent

> "Volgens mij staat er in het huidige examenprogramma niets over tekenen, en al helemaal niet over vrijehands tekenen."
> -Anonieme O&O expert

3. Verwachtingen en houding van docenten

Ook de houding en verwachtingen van docenten spelen een belangrijke rol. Sommige docenten zijn van mening dat leerlingen simpelweg niet (meer) kunnen tekenen, bijvoorbeeld door een beperkte motorische ontwikkeling of een laag instapniveau. Volgens hen hebben eerdere pogingen om tekenen structureel te integreren bovendien niet altijd tot zichtbare resultaten geleid.

Daarnaast geven verschillende docenten aan dat leerlingen al met een achterstand beginnen, omdat handmatige activiteiten, zoals knutselen, tekenen en buitenspelen, in eerdere onderwijsfasen minder aandacht krijgen dan voorheen. Hierdoor beschikken veel leerlingen bij aanvang van O&O over beperkte tekenvaardigheden.

Ook de eigen onzekerheid van docenten kan een belemmering vormen. Wanneer docenten zichzelf niet vaardig genoeg vinden in tekenen, zijn zij eerder geneigd om tekenactiviteiten te vermijden of deze slechts op een eenvoudige manier in hun lessen toe te passen.

> "Ze krijgen simpelweg niet op papier wat ze in hun hoofd hebben. Dat is tenminste mijn ervaring. Eigenlijk is dat vergelijkbaar met slecht kunnen schrijven."
> -Anonieme docent

> "Wat wij merken, is dat leerlingen niet goed genoeg kunnen tekenen om hun idee echt goed uit te leggen. Ik heb ongeveer een jaar geprobeerd om tekenoefeningen te geven, maar binnen de beschikbare tijd leverde dat helaas weinig op."
> -Anonieme docent

4. Gebrek aan expertise

Een ander belangrijk knelpunt is het gebrek aan expertise onder docenten. Dit kan leiden tot onduidelijke instructies en het ontbreken van een goede didactische aanpak. Daarnaast bestaat er vaak onduidelijkheid over welke vormen van tekenen relevant zijn en hoe tekenen effectief kan worden ingezet binnen het ontwerpproces.

Docenten zonder een achtergrond in tekenen of techniek vinden het lastig om tekenvaardigheden voor te doen, gerichte feedback te geven en tekentechnieken uit te leggen. Op sommige scholen ontbreekt deze expertise volledig, waardoor docenten afhankelijk zijn van externe specialisten.

"Je hebt iemand nodig die er echt verstand van heeft. […] Ik ben die persoon niet."
– Anonieme docent

"Ik denk dat het afhangt van de docent en waar zijn of haar kwaliteiten liggen. Als het geen onderwerp is waar je zelf enthousiast over bent, is het lastig om dat enthousiasme ook op je leerlingen over te brengen."
– Anonieme docent

"De vakinhoudelijke expertise verschilt tussen O&O-docenten. Het is belangrijk dat zij leerlingen kunnen begeleiden bij verschillende bètavaardigheden, maar niet iedere docent is daartoe in staat."
– Anonieme docent



Figuur 9: Visueel overview van moeilijkheden die leraren ervaren

2.2.3 Huidige initiatieven

Er zijn verschillende initiatieven die proberen de geïdentificeerde knelpunten rondom tekenen binnen O&O-onderwijs aan te pakken. Zo worden voorbeelden en demonstraties (pre-tekenen) regelmatig ingezet in de lespraktijk om leerlingen een kader te bieden en het tekenproces inzichtelijk te maken. Daarnaast wordt expliciet benadrukt dat tekeningen niet perfect hoeven te zijn, met als doel onzekerheid bij leerlingen te verminderen en een meer open en experimentele houding te stimuleren.

Ook wordt het belang van herhaalde oefening en toepassing onderstreept. Docenten geven hierbij aan dat de vaardigheid zich doorgaans ontwikkelt naarmate leerlingen ouder worden en meer ervaring opdoen. In sommige gevallen wordt tekenen expliciet als vaardigheid aangeboden, bijvoorbeeld in de vorm van een reeks lessen, workshops of korte opwarmoefeningen, gericht op de ontwikkeling van tekenvaardigheden binnen het curriculum. Verder noemen docenten verschillende aanvullende of kleinschalige interventies die op sommige scholen worden toegepast. Zo worden hulpmiddelen zoals isometrisch papier, dummies en LEGO ingezet om ruimtelijk inzicht en het tekenproces te ondersteunen. Ook wordt soms een minimumaantal schetsen verplicht gesteld om leerlingen actief te laten tekenen. Daarnaast wordt gewerkt met een zogenoemde ‘vaardighedenbibliotheek’, waarin vaardigheden worden verzameld en toegankelijk gemaakt voor leerlingen. Om de drempel tot tekenen te verlagen zorgen docenten er bovendien voor dat materialen zoals papier en stiften direct beschikbaar zijn. In sommige gevallen worden externe partijen of bedrijven ingeschakeld om tekenlessen te verzorgen. Tot slot wordt tekenen soms geïntegreerd in een gezamenlijke start van de les, waarin klassikaal aandacht wordt besteed aan de ontwikkeling van tekenvaardigheden.

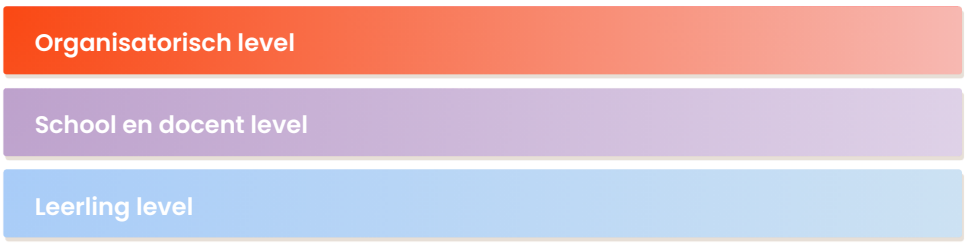
PROBLEEM DEFINITIE

Hoofdstuk 3: Het definiëren van het probleem

Zoals besproken in de literatuurstudie wordt in het hoger onderwijs steeds meer het belang erkend van tekenen binnen science- en engineeringcurricula, met de ambitie om dit verder te integreren in onderwijsprogramma's. Deze inspanningen worden echter vaak belemmerd door het feit dat instromende studenten onvoldoende basisvaardigheden in tekenen bezitten, waardoor het lastig is om hierop voort te bouwen.

Aangezien O&O specifiek is ontworpen om leerlingen voor te bereiden op vervolgonderwijs en beroepen binnen het bèta-wetenschappelijke domein, is het essentieel dat tekenen structureel wordt ingebed in het curriculum. Op dit moment heeft tekenen echter geen plek binnen de leerdoelen of het vastgestelde curriculum van O&O. Ook in de lerarenopleiding voor O&O komt tekenen niet structureel aan bod. Dit resulteert erin dat docenten nooit hebben geleerd hoe zij tekenvaardigheden kunnen onderwijzen, ondersteunen en stimuleren. Hierdoor ontbreekt bij veel docenten het inzicht in de waarde van tekenen binnen science- en engineeringcontexten, tenzij zij hier zelf ervaring mee hebben opgedaan.
Dit geheel leidt ertoe dat docenten ervaren dat er geen tijd en ruimte is binnen het curriculum om tekenen te implementeren.
Dit heeft directe gevolgen voor leerlingen. Zij ontvangen weinig tot geen onderwijs, ondersteuning of stimulans om tekenen binnen O&O toe te passen. Hierdoor ontwikkelen zij geen tekenvaardigheden of visuele geletterdheid. Zonder ervaring en begeleiding leren zij bovendien niet de waarde van tekenen als ontwerptool binnen science en engineering.
Dit resulteert erin dat leerlingen onzeker en ongemotiveerd zijn ten opzichte van tekenen. Sommigen geven de voorkeur aan digitale tools boven handmatig schetsen.

Tijdens de deconstructie van de probleemanalyse zijn drie verschillende organisatieniveaus geïdentificeerd waarop subproblemen optreden:



Figuur 10: Organisatorische levels binnen O&O structuur

On the following page, an overview can be found of the problems that occur in the different organisational levels and how these problems relate to each other and influence each other.

3.1 Ontwikkeling van een implementatieplan voor tekenen binnen O&O-onderwijs

Het O&O-curriculum heeft als doel leerlingen voor te bereiden op vervolgonderwijs en toekomstige beroepen binnen het STEM-domein door hen te laten werken binnen authentieke ontwerpprocessen. Uit zowel literatuur als empirisch onderzoek blijkt echter dat tekenen, ondanks de bewezen waarde als cognitief, communicatief en leerinstrument, binnen O&O-onderwijs nog beperkt wordt ingezet.
De opdracht is daarom: een implementatieplan te ontwikkelen voor het integreren van

tekenen binnen O&O op organisatie-, school- en leerlingniveau. Dit plan heeft als doel de kloof te overbruggen tussen het erkende belang van tekenen binnen science en engineering en de huidige beperkte implementatie ervan binnen O&O-onderwijs.

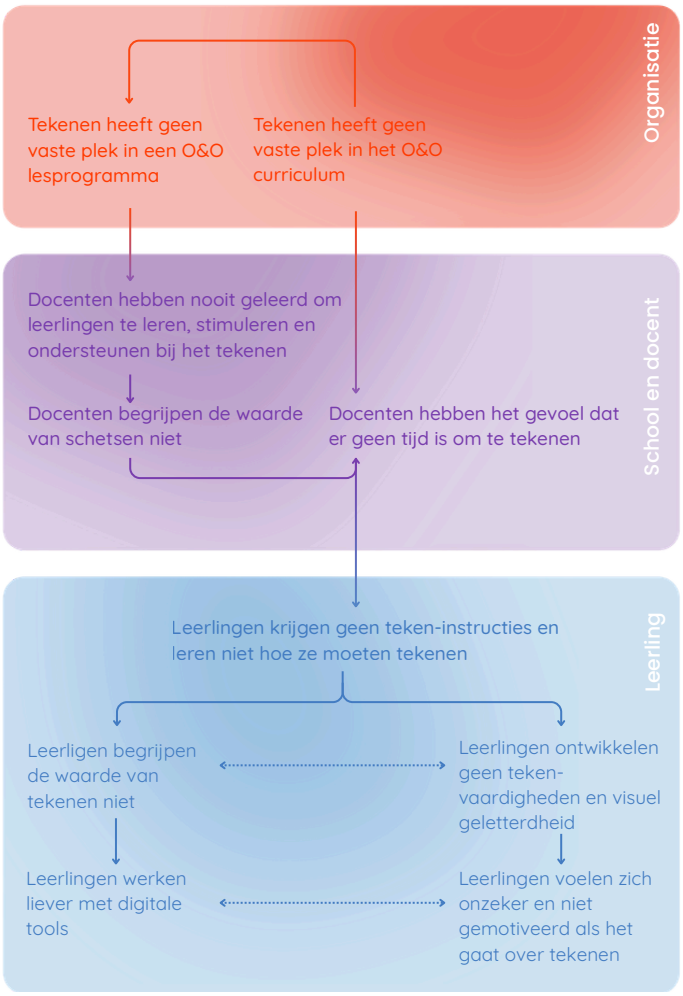
3.2 Toekomstvisie

Op organisatieniveau:
De organisatie (Stichting Technasium en het onderwijsprogramma) kan haar structuur blijven richten op het voorbereiden van leerlingen op een toekomst in science en engineering, waarin tekenen een ondersteunende en leidende rol vervult als vaardigheid binnen het O&O-onderwijsprogramma.

Op school- en docentniveau:
Docenten krijgen ondersteuning en begeleiding bij het integreren van tekenen in hun dagelijkse O&O-lespraktijk. Hierbij ligt de nadruk op het inzetten van tekenen als cognitief, leer- en communicatiemiddel binnen O&O-projecten. Hierdoor voelen docenten zich beter ondersteund en zelfverzekerder in het toepassen van tekenen binnen het curriculum.

Op leerlingniveau:
Leerlingen krijgen onderwijs, ondersteuning en stimulans bij het gebruik van tekenen als middel om ideeën te ontwikkelen, te begrijpen en te communiceren binnen O&O-projecten.

Geïdentificeerde problemen uit literatuur en praktijk onderzoek



Figuur 11: Geïdentificeerde problemen in het organisatorische systeem van O&O educatie

3.3 Oplossing: Implementatie-plan

Het overzicht hieronder toont de vier implementatie-elementen en geeft aan binnen welke contexten deze elementen worden toegepast (zie Figuur 12). Daarnaast laat Figuur 12 zien hoe nauw deze implementatie-elementen verbonden zijn met de primaire doelgroep binnen de O&O-context: de leerling.
Samen vormen de vier implementatie-elementen de oplossing voor het geformuleerde probleem: een implementatieplan voor het integreren van tekenen binnen het O&O-onderwijs.



Figuur 12: Het implementatie plan

OPLOSSING

Hoofdstuk 4: Implementatie elementen

4.1 Implementatie element 1: Studio Schets

Studio Schets is een educatief tekentool die is ontworpen om leerlingen te helpen duidelijke en effectieve communicatieve tekeningen te maken. Het begeleidt leerlingen door een gestructureerd proces dat hen aanmoedigt om na te denken over zowel hun tekening als de boodschap die ze willen overbrengen. De tool breekt het tekenproces op in vijf overzichtelijke stappen, waardoor het voor leerlingen makkelijker wordt om hun tekeningen te ontwikkelen en te verfijnen. Door tips en voorbeelden te geven, helpt Studio Schets leerlingen de duidelijkheid en kwaliteit van hun visuele communicatie te verbeteren. De tool is ontworpen voor O&O-onderwijsdoeleinden, maar kan ook worden toegepast in andere vakgebieden waar het visualiseren en uitleggen van ideeën een belangrijk onderdeel is van het ontwerpproces.

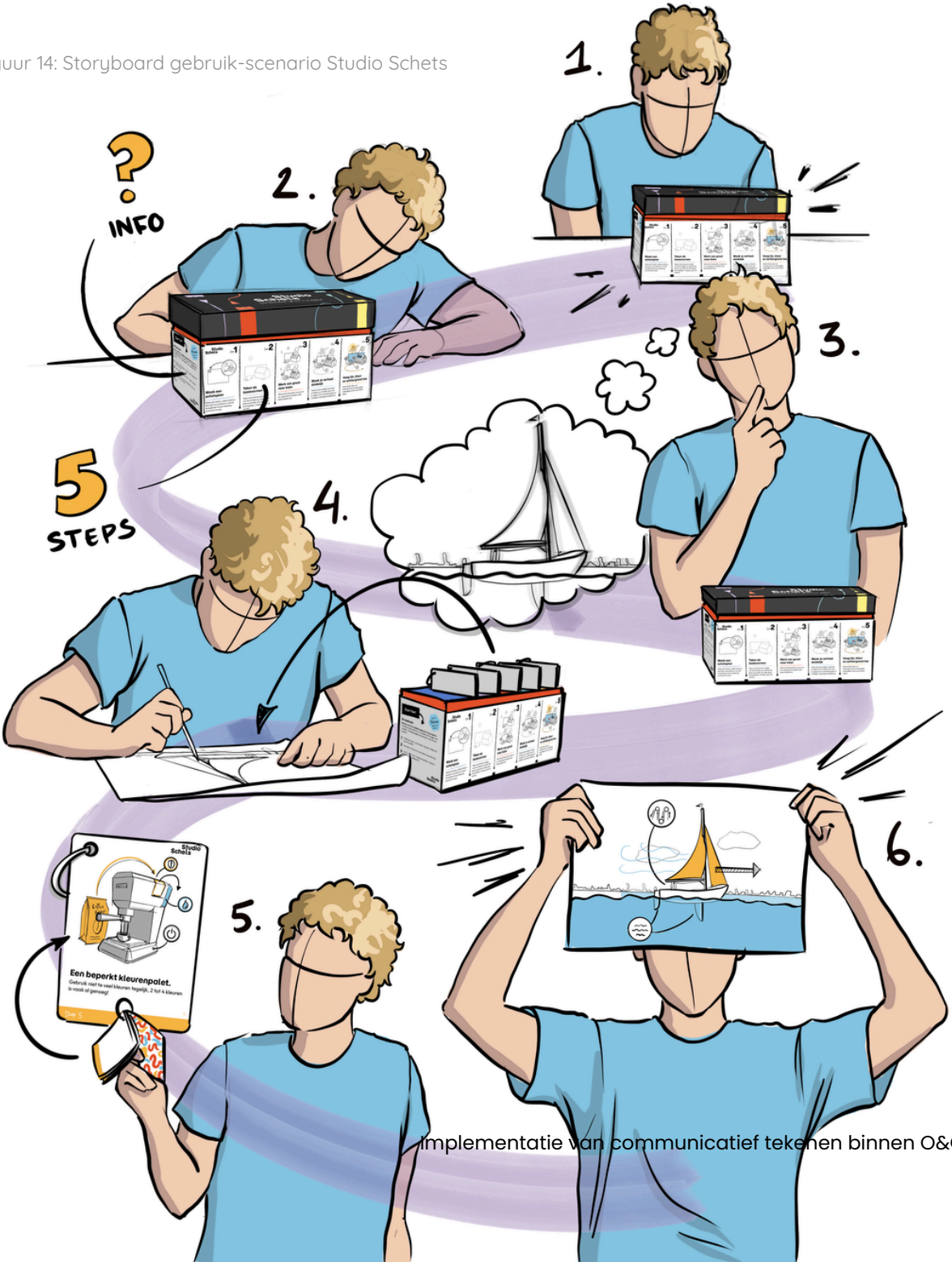


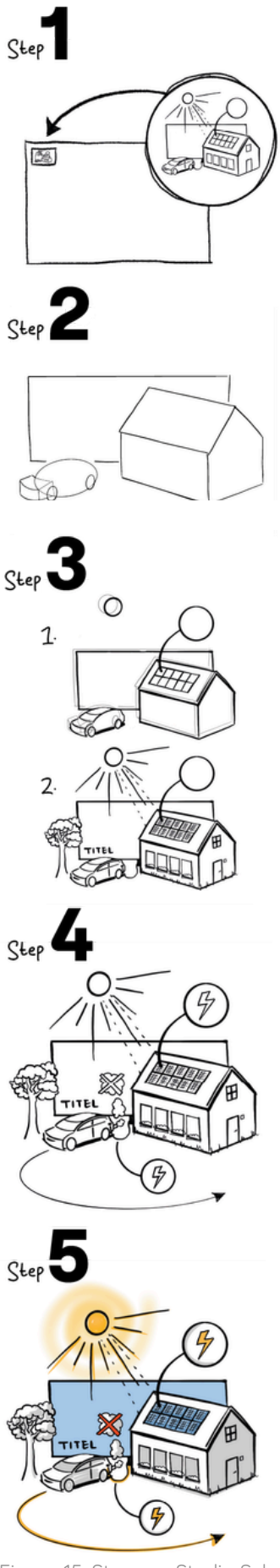
Figuur 13: Studio Schets

4.2 Werking en vorm van Studio Schets

Studio Schets bestaat uit twee samenhangende onderdelen. De verpakking, de doos zelf, vormt de kern van het concept. Op de buitenkant van de doos staan de vijf tekenstappen duidelijk weergegeven, die leerlingen begeleiden bij het maken van een gestructureerde en communicatieve tekening voor hun project. In principe kunnen leerlingen deze stappen zelfstandig doorlopen.
Wanneer ze vastlopen, kunnen ze de doos openen en de kaarten gebruiken die gekoppeld zijn aan de betreffende stap. Deze kaarten bieden gerichte voorbeelden en tips om het proces te ondersteunen, met begeleiding die is afgestemd op elke afzonderlijke stap.
De doos is ontworpen om leerlingen aan te moedigen vaker te tekenen. Het heeft een speels maar educatief karakter dat uitnodigt om het op te pakken en meteen te beginnen met tekenen. Omdat de verpakking zelf het belangrijkste werkinstrument is, zijn slechts minimale handelingen nodig om het tekenproces te starten.

Figuur 14: Storyboard gebruik-scenario Studio Schets





Figuur 15: Stappen Studio Schets

Maak een schetsplan

Maak een kleine, snelle schets in de hoek van je papier om te bepalen hoe je tekening eruit zal zien wanneer deze af is.
Deze stap is toegevoegd omdat het leerlingen helpt snel de compositie en structuur van hun tekening te plannen voordat ze details toevoegen. Het stelt hen in staat om te experimenteren met verschillende ideeën, mogelijke fouten vroeg te ontdekken en een duidelijker, beter uitgebalanceerd eindresultaat te creëren.

Teken de basisfiguren

Teken eerst de basisvormen op een lichte manier. Dit helpt om de positie en schaal van alle elementen in je tekening te bepalen. Probeer zo groot mogelijk te werken.
Het is belangrijk om eerst de basisvormen licht te tekenen, omdat leerlingen zo de juiste positie en schaal van alle elementen kunnen vaststellen voordat ze details toevoegen. Zo groot mogelijk werken helpt om de verhoudingen te behouden en zorgt ervoor dat de compositie als geheel gebalanceerd en goed gestructureerd is.

Werk van groot naar klein

Werk eerst de grote vormen uit en begin daarna pas met het toevoegen van details.
Van groot naar klein werken is belangrijk omdat het leerlingen helpt een sterke basisstructuur en compositie op te bouwen voordat ze zich op details richten. Door pas later details toe te voegen, voorkomen ze dat ze te vroeg vastlopen in kleine onderdelen en blijft de tekening uiteindelijk beter in balans en samenhangend.

Vertel een verhaal

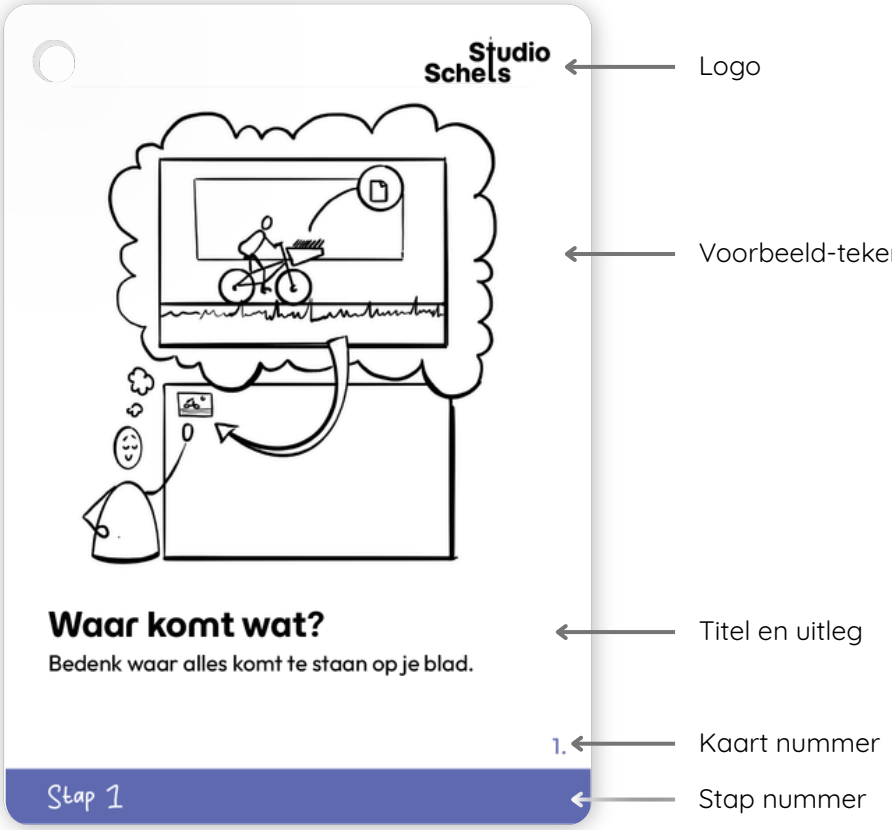
Gebruik vereenvoudigde symbolen en iconen om te laten zien wat er gebeurt in je tekening en wat de belangrijkste elementen zijn.
Het gebruik van vereenvoudigde symbolen en iconen is belangrijk omdat het leerlingen helpt snel te communiceren wat er in hun tekening gebeurt en welke elementen het belangrijkst zijn. Dit maakt het idee in één oogopslag duidelijk en houdt de focus op betekenis en structuur in plaats van op onnodige details. Het helpt leerlingen zich te richten op de communicatieve waarde van de tekening in plaats van de esthetische waarde.

Voeg lijn, kleur en achtergrond toe

Gebruik lijn, kleur en achtergrond om belangrijke elementen te laten opvallen.
Het gebruik van lijn, kleur en achtergrond om belangrijke elementen te benadrukken is belangrijk omdat het de aandacht van de kijker naar de kern van de tekening leidt. Dit creëert visuele hiërarchie, waardoor de boodschap duidelijker wordt en de compositie effectiever is.

4.3 Kaarten

Studio Schets biedt leerlingen praktische voorbeelden en tips. Elke van de vijf stappen die op de doos worden weergegeven, wordt vergezeld door een stapel kaarten met relevante adviezen en getekende voorbeelden. De begeleiding op deze kaarten is specifiek afgestemd op de bijbehorende stap. Om het navigeren te vergemakkelijken, zijn alle kaarten kleurgecodeerd. Hierdoor kunnen leerlingen snel zien welke set kaarten bij welke stap hoort (bijvoorbeeld: stap 3 is rood gemarkeerd, aangeduid met een rode potloodlijn, en is daarom gekoppeld aan de kaarten met een rode rand).
De kaarten verschillen sterk van elkaar. Stap 1 richt zich op het maken van een schetsplan, en de bijbehorende voorbeelden zijn eenvoudig en bewust minimalistisch. Ze leggen de nadruk op principes die leerlingen aanmoedigen om zich te richten op de algehele compositie in plaats van op details. Daarentegen zijn de voorbeelden voor de laatste stap, stap 5, uitgebreider en volledig uitgewerkt. Ze bevatten vaak kleur, variaties in lijndikte en achtergronden. De bijbehorende tips ondersteunen deze voorbeelden door verdere uitleg en begeleiding te geven.
De kaarten zijn speciaal ontworpen om leerlingen te helpen wanneer ze vastlopen tijdens het tekenproces. In veel opzichten fungeren ze als vervanging voor een gespecialiseerde tekenleraar. Vaak is het stellen van één vraag aan een leerling al genoeg om reflectie op gang te brengen en hen te helpen zelf een oplossing te vinden. Daarom zijn veel van de tips op de kaarten geformuleerd als vragen, zodat leerlingen worden aangezet om kritisch na te denken over hun werk en zelfstandig onderbouwde beslissingen te nemen.



Figuur 16: Kaart layout

4.4 Testen

Studio Schets is professioneel getest in een klassensetting met verschillende leerjaren in de onderbouw. Wilt u hierover meer lezen? Bekijk dan het vollege rapport van dit onderzoek- en ontwerp-project op de repository van de TU Delft: Implementing drawing in science and engineering education.

Figuur 17: Kaarten



4.5 Implementatie element 2: Workshop

De workshop richt zich op het trainen van docenten in het ondersteunen van hun leerlingen bij het maken van communicatieve tekeningen met behulp van Studio Schets, een educatief tekentool dat specifiek is ontwikkeld voor gebruik in het O&O-onderwijs. In de workshop verkennen docenten de mogelijke rol van communicatief tekenen in het natuurwetenschappelijk en technisch onderwijs, terwijl ze tevens zien hoe Studio Schets kan worden geïntegreerd in O&O om deze belangrijke rol van tekenen binnen science- en engineeringonderwijs te versterken.
Deelnemers maken kennis met de pedagogische principes die ten grondslag liggen aan de aanpak van Studio Schets. De workshop besteedt daarnaast aandacht aan effectieve didactische strategieën die docenten helpen om leerlingen tijdens het tekenproces te begeleiden. Naast de theoretische achtergrond biedt de workshop ook praktische handvatten voor het toepassen van Studio Schets in de lespraktijk. Door zelf actief met de tool te werken, ervaren deelnemers de verschillende fasen van het communicatieve tekenproces en krijgen zij inzicht in de uitdagingen en kansen die leerlingen kunnen tegenkomen.
Het doel van de workshop is om docenten te voorzien van de kennis, vaardigheden en het vertrouwen dat nodig is om Studio Schets effectief te integreren in hun eigen onderwijscontext en hun leerlingen te ondersteunen bij het gebruik van de tool.



Figuur 18: Eerste slide workshop presentatie



Figuur 19: Slide in workshop presentatie

4.6 Implementatie element 3: adviesrapport

Het derde en laatste implementatie-element ligt op dit moment voor u. Dit adviesrapport moet beleidsmakers ervan overtuigen deze implementatie-strategie zo goed mogelijk toe te passen. Alleen met gestrucureerde toepassing van de 3 implementatie-elementen kan tekenen om een goede en houdbare manier worden geimplementeerd in O&O lessen. Het informeren van stakeholders binnen het O&O systeem is hierin een hele belangrijke stap. Daarom is het belangrijk dat zo veel mogelijk mensen binnen de organisatie-structuur dit rapport lezen.



Figuur 20: Voorpagina adviesrapport

Bronnenlijst

A **Aguilera, D., & Ortiz-Revilla, J. (2021).** STEM vs. STEAM Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review. Education Sciences, 11(7), 331. https://doi.org/10.3390/educsci11070331

Ambrose, G., & Harris, P. (2010). Basics Design 08: Design thinking. AVA Publishing.

Anning, A. (1999). Learning to Draw and Drawing to Learn. Journal Of Art & Design Education, 18(2), 163–172. https://doi.org/10.1111/1468-5949.00170

B **Booth, J. W., Taborda, E. A., Ramani, K., & Reid, T. (2015).** Interventions for teaching sketching skills and reducing inhibition for novice engineering designers. Design Studies, 43, 1–23. https://doi.org/10.1016/j.destud.2015.11.002

Brun, J., Masson, P. L., & Weil, B. (2016). Designing with sketches: the generative effects of knowledge preordering. Design Science, 2. https://doi.org/10.1017/dsj.2016.13

C **Chamberlain, R., & Wagemans, J. (2016).** The genesis of errors in drawing. Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 65, 195–207. https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2016.04.002

Cox, M. V. (2013). Children's drawings of the human figure. Psychology Press.

Cromley, J. G., Du, Y., & Dane, A. P. (2019). Drawing-to-Learn: Does Meta-Analysis Show Differences Between Technology-Based Drawing and Paper-and-Pencil Drawing? Journal Of Science Education And Technology, 29(2), 216–229. https://doi.org/10.1007/s10956-019-09807-6

Cross, N. (2011). Design Thinking: Understanding How Designers Think and Work. In Open Research Online (The Open University).

D **Dechamps, T., & Skulmowski, A. (2025).** The Effective Design of Tasks Involving Learning by Drawing: Current Trends and Methodological Progress in Research on Drawing to Learn. Educational Psychology Review, 37(2). https://doi.org/10.1007/s10648-025-10026-2

Di Giovanni, M. (2024). Challenges and Research Trends for Drawing Ability in Design Education: A Literature Review. SPACE International Journal Of Conference Proceedings, 4(1). https://doi.org/10.51596/sijocp.v4i1

Dweck, C. S. (2006). Mindset: The new psychology of success.

E **Edwards, B. (2012).** Drawing on the Right Side of the Brain: The Definitive, 4th Edition. Penguin.

Eppinger, S., & Ulrich, K. (2011). Product Design and Development. McGraw-Hill Education.

Eisner, E. W. (1996). Cognition and curriculum reconsidered. Sage.

Erro, A. M., Muneta, M. L. M., & Sevillano, Á. A. R. (2024). Exploring Freehand Drawing Skills of Engineering Students as a Support of Visualization. Education Sciences, 14(6), 641. https://doi.org/10.3390/educsci14060641

F **Fan, J. E., Bainbridge, W. A., Chamberlain, R., & Wammes, J. D. (2023).** Drawing as a versatile cognitive tool. Nature Reviews Psychology, 2(9), 556–568. https://doi.org/10.1038/s44159-023-00212-w

Fan, J. E., Hawkins, R. D., Wu, M., & Goodman, N. D. (2019). Pragmatic Inference and Visual Abstraction Enable Contextual Flexibility During Visual Communication. Computational Brain & Behavior, 3(1), 86–101. https://doi.org/10.1007/s42113-019-00058-7

Fava, M. (2019). A decline in drawing ability? International Journal Of Art & Design Education, 39(2), 319–332. https://doi.org/10.1111/jade.12255

Fiorella, L., & Zhang, Q. (2018). Drawing Boundary Conditions for Learning by Drawing. Educational Psychology Review, 30(3), 1115–1137. https://doi.org/10.1007/s10648-018-9444-8

Forbus, K., Usher, J., Lovett, A., Lockwood, K., & Wetzel, J. (2011). CogSketch: Sketch Understanding for Cognitive Science Research and for Education. Topics in Cognitive Science, 3(4), 648–666. https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2011.01149.x

Force, V. L. S. T. (2012). Visual literacy competency standards for higher education: Approved by the ACRL Board of Directors, October 2011. College & Research Libraries News, 73(2), 97–104. https://doi.org/10.5860/crln.73.2.8709

G **Goldschmidt, G. (1991).** The dialectics of sketching. Creativity Research Journal, 4(2), 123–143. https://doi.org/10.1080/10400419109534381

Golomb, C. (2003). The child's creation of a pictorial world. Psychology Press.

Guilford, J. P. (1950). Creativity. American Psychologist, 5(9), 444–454. https://doi.org/10.1037/h0063487

Güney, Z. (2019). Visual literacy and visualization in instructional design and technology for learning environments. European Journal of Contemporary Education, 8(1), 103-117.

H **Hanci, H. (2022).** Investigation of High School Students' Visual Literacy Levels. International Journal Of Research in Education And Science, 8(3), 611–625. https://doi.org/10.46328/ijres.2980

Heideman, P. D., Flores, K. A., Sevier, L. M., & Trouton, K. E. (2017). Effectiveness and Adoption of a Drawing-to-Learn Study Tool for Recall and Problem Solving: Minute Sketches with Folded Lists. CBE—Life Sciences Education, 16(2), ar28. https://doi.org/10.1187/cbe.16-03-0116

Hilton, E., Li, W., Newton, S. H., Alemdar, M., Pucha, R., & Linsey, J. (2016, August). The development and effects of teaching perspective free-free-hand sketching in engineering design. In International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference (Vol. 50138, p. V003T04A013). American Society of Mechanical Engineers.

I **Irwin, T., Tonkinwise, C., & Kossoff, G. (2020).** Transition Design: An Educational Framework for Advancing the Study and Design of Sustainable Transitions. Cuadernos Del Centro de Estudios de Diseño Y Comunicación, 105. https://doi.org/10.18682/cdc.vi105.4188

K **Kantrowitz, A. (2022).** Drawing thought: How drawing helps us observe, discover, and invent. MIT Press.

Kelley, T. R., & Sung, E. (2017). Sketching by design: Teaching sketching to young learners. International Journal of Technology and Design Education, 27(3), 363-386.

L **Li (2023).** Frontiers in Art Research, 5(5). https://doi.org/10.25236/far.2023.050508

Lyon, P., Letschka, P., Ainsworth, T., & Haq, I. (2016b). Drawing Pedagogies in Higher Education: the Learning Impact of a Collaborative Cross-disciplinary Drawing Course. International Journal Of Art & Design Education, 37(2), 221–232. https://doi.org/10.1111/jade.12106

M **Matusiak, K., Heinbach, C., Harper, A., & Bovee, M. (2019).** Visual Literacy in Practice: Use of Images in Students' Academic Work. College & Research Libraries, 80(1), 123–139. https://doi.org/10.5860/crl.80.1.123

McTigue, E. M., & Croix, A. (2010). Visual Literacy in Science. Science Scope, 33(9), 17–22. https://eric.ed.gov/?id=EJ888290

Moroni, S., & Lorini, G. (2020). Multiple functions of drawings. Journal Of Urban Design, 26(3), 374–394. https://doi.org/10.1080/13574809.2020.1801341

N **Newton, W., Thompson, J., Dorrington, P., Mann, R., Harrison, W., & Morgan, B. (2024).** MASTERING CREATIVITY: THE POWER OF SKETCHING IN ENGINEERING. EDULEARN Proceedings, 1, 6486. https://doi.org/10.21125/edulearn.2024.1534

O **Orthel, B. D., & Day, J. K. (2016).** Processing beyond drawing: a case study exploring ideation for teaching design. Sage Open, 6(3), 2158244016663285.

P **Parsons, M. J. (1987).** How we understand art: A cognitive developmental account of aesthetic experience. Cambridge University Press.

Parsons, M. J., & Gardner, H. (1981). Artful Scribbles: The Significance of Children's Drawings. Journal Of Aesthetics And Art Criticism, 39(4), 464. https://doi.org/10.2307/430250

Payne, R. (2022). Drawing social worlds: a methodological examination of children's artworks. Qualitative Research, 23(4), 1093–1111. https://doi.org/10.1177/14687941211052273

Pearson, J. (2019). The human imagination: the cognitive neuroscience of visual mental imagery. Nature reviews neuroscience, 20(10), 624-634.

Piaget, J. (1977). The Moral Judgement of the Child. In Medical Entomology and Zoology. https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA00991860

Povinelli, M. J. (2025, June). Integrating Visual Thinking into Design Education. In 2025 ASEE Annual Conference & Exposition.

Q **Quillin, K., & Thomas, S. (2015).** Drawing-to-Learn: A Framework for Using Drawings to Promote Model-Based Reasoning in Biology. CBE—Life Sciences Education, 14(1), es2. https://doi.org/10.1187/cbe.14-08-0128

R **Riley, H. (2017).** Drawing as Driver of Creativity: Nurturing an Intelligence of Seeing in Art Students. International Journal Of Art & Design Education, 36(3), 273–280. https://doi.org/10.1111/jade.12157

Runco, M. A., & Jaeger, G. J. (2012). The Standard Definition of Creativity. Creativity Research Journal, 24(1), 92–96. https://doi.org/10.1080/10400419.2012.650092

S **Safai, A., Katz, J. S., Bondy, B., & Deshpande, G. (2025).** Neural insights into observational drawing: A longitudinal resting state functional connectivity study using 7 t MRI. Brain And Cognition, 192, 106376. https://doi.org/10.1016/j.bandc.2025.106376

Samaniego, M., Usca, N., Salguero, J., & Quevedo, W. (2024). Creative Thinking in Art and Design Education: A Systematic Review. Education Sciences, 14(2), 192. https://doi.org/10.3390/educsci14020192

Schmidt, L. C., Hernandez, N. V., & Ruocco, A. L. (2012). Research on encouraging sketching in engineering design. Artificial Intelligence For Engineering Design Analysis And Manufacturing, 26(3), 303–315. https://doi.org/10.1017/s0890060412000169

Stokes, S. (2002). Visual literacy in teaching and learning: A literature perspective. Electronic Journal for the integration of Technology in Education, 1(1), 10-19.

Sweller, J. (2011). Cognitive load theory. In Psychology of learning and motivation (Vol. 55, pp. 37-76). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387691-1.00002-8

T **Tversky, B. (2002, March).** What do sketches say about thinking. In 2002 AAAI Spring Symposium, Sketch Understanding Workshop, Stanford University, AAAI Technical Report SS-02-08 (Vol. 148, p. 151).

Tversky, B. (2013). Visualizing thought. In Handbook of human centric visualization (pp. 3-40). New York, NY: Springer New York.

U **Uziak, J., & Fang, N. (2017).** Improving students' freefree-hand sketching skills in mechanical engineering curriculum. International Journal Of Mechanical Engineering Education, 46(3), 274–286. https://doi.org/10.1177/0306419017744156

V **Van Der Wal, A., Hoftijzer, J., & Haans, M. (2024).** A framework for the agency of sketching. Proceedings Of DRS. https://doi.org/10.21606/drs.2024.806

Van Meter, P., & Garner, J. (2005). The Promise and Practice of Learner-Generated Drawing: Literature Review and Synthesis. Educational Psychology Review, 17(4), 285–325. https://doi.org/10.1007/s10648-005-8136-3

Vossen, T. E., Henze, I., Rippe, R. C. A., Van Driel, J. H., & De Vries, M. J. (2019). Attitudes of Secondary School STEM Teachers towards Supervising Research and Design Activities. Research in Science Education, 51(S2), 891–911. https://doi.org/10.1007/s11165-019-9840-1

Vuletic, T., & Hay, T. (2025). Rethinking Sketching Education Practices. In DS 137: Proceedings of the International Conference on Engineering and Product Design Education (E&PDE 2025) (pp. 517-522).

W **Weaver, M. B., Hilton, E. C., & Linsey, J. (2024).** Insights into designers' sketching: a study of predictors of sketching behavior in design. Design Science, 10, e26.

Winner, E. (1982). Invented worlds: The psychology of the arts. Harvard University Press.

Wu, J., Chen, C., & Chen, H. (2012). Comparison of Designer's Design Thinking Modes in Digital and Traditional Sketches. Proceedings Of DRS. https://doi.org/10.21606/drs.2012.152

Wu, S. P. W., & Rau, M. A. (2019). How students learn content in science, Technology, engineering, and mathematics (STEM) through drawing activities. Educational Psychology Review, 31(1), 87–120. https://doi.org/10.1007/s10648-019-09467-3

Wu, S. P. W., Van Veen, B., & Rau, M. A. (2020). How drawing prompts can increase cognitive engagement in an active learning engineering course. Journal Of Engineering Education, 109(4), 723–742. https://doi.org/10.1002/jee.20354

Y **Yakman, G. (2010).** What is the point of STE@M? – A Brief Overview.

Yang, M. C., & Cham, J. G. (2006). An Analysis of Sketching Skill and Its Role in Early Stage Engineering Design. Journal Of Mechanical Design, 129(5), 476–482. https://doi.org/10.1115/1.2712214



Communicatief tekenen

Een workshop voor O&O docenten

Even voorstellen

- Master Integrated product design
- Gespecialiseerd in Design Drawing
- Natuurkunde docent
- Kunstenares is mijn vrije tijd ;)

- Afstuderen: De toepassing van tekenen in O&O educatie.
- Studio Schets



Nu jullie! Vertel …

- Naam
- Bovenbouw / Onderbouw
- Geef je ook les in een ander vak?
- School?

Introductie

Wat gaan we doen vandaag:

- Doel van communicatief tekenen in science & engineering educatie
- Studio Schets: Tool voor communicatief tekenen in O&O lessen
- Leerdoelen communicatief tekenen
- De rol van de docent: begeleiden en ondersteunen

Introductie



Helpt leerlingen hun ideeën visueel en gestructureerd uit te werken

Stap voor stap tekenen

Verbeteren, keuzes maken en communiceren

Bespreek

Hoe wordt tekenen bij jullie op school ingezet tijdens O&O?

Hoe zien jullie de meerwaarde van tekenen in, in jullie sectie?

Wat doen jullie om tekenen aan te bieden aan leerlingen?

Hoe wordt tekenen verwerkt in de verschillende fases van het onderzoek- en ontwerpproces?

5 minuten!

Even samenvatten

Wat hebben jullie allemaal besproken?

Opdracht: We gaan tekenen!

Teken allemaal (zonder bij elkaar te kijken) het O&O proces wat een leerling bij jullie op school doorloopt.

- Je mag hieraan je eigen invulling geven
- Je mag geen vragen stellen
- Je mag niet bij anderen afkijken
- Het hoeft absoluut niet perfect
- Jullie krijgen 10 minuten de tijd



Succes.

Klaar? Hang je tekening op!

We bespreken de tekeningen. Licht je tekening kort toe

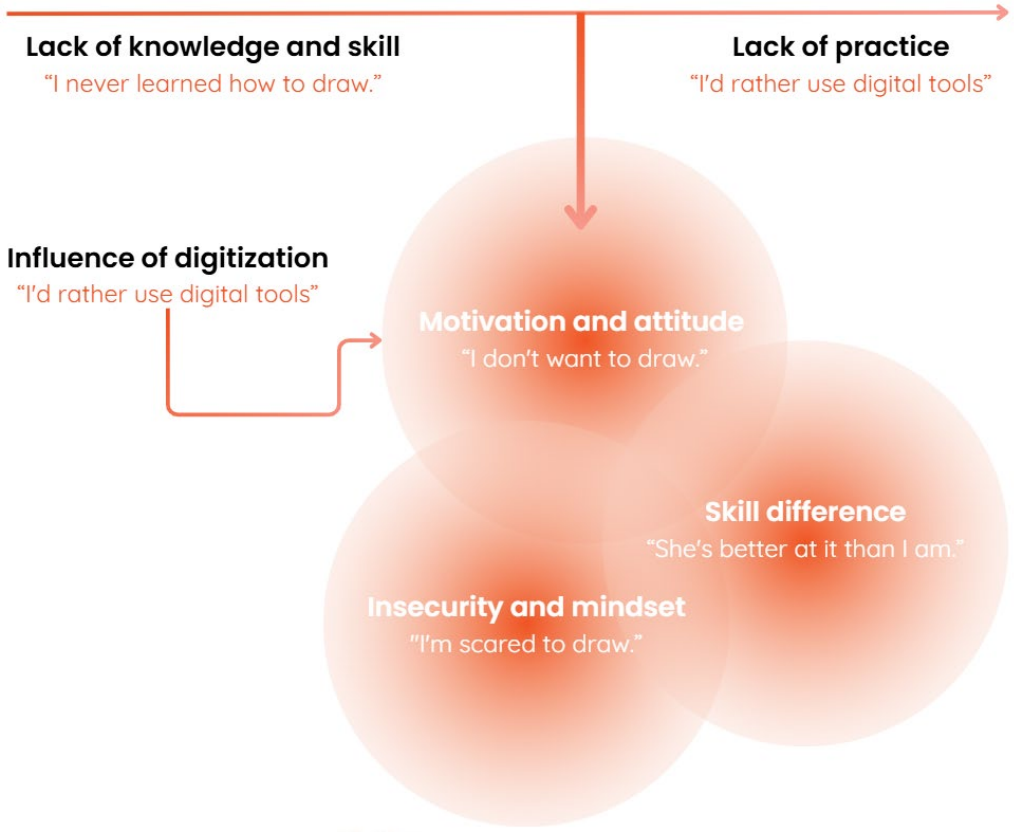


Beperkingen voor implementatie van tekenen

Handtekenen op dit moment, binnen O&O vaak een beperkte, instrumentele rol.

- Te weinig tijd
- Niet in het curriculum
- Soft-skill
- Gebrek aan ervaring
- Relevantie van tekenen wordt niet ingezien

Beperkingen voor implementatie van tekenen

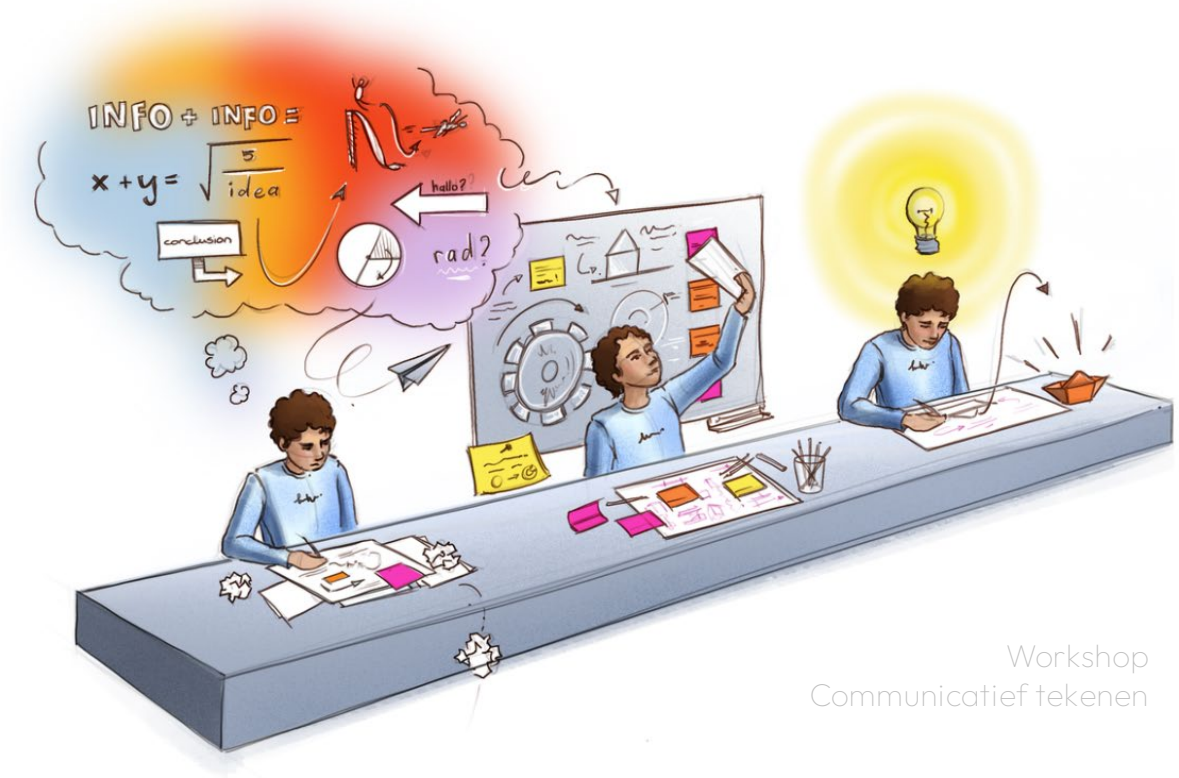


Kortom

Het is goed dat jullie hier zijn!

Waar is tekenen goed voor?

- Ideeën of principes visualiseren, aanpassen en verder ontwikkelen
- Verlaagt cognitieve belasting, waardoor er ruimte vrijkomt in het werkgeheugen
- Ideeën naar jezelf én naar anderen te communiceren
- Maakt idee tastbaar en re-interpretabel
- Draagt bij aan ruimtelijk inzicht en visual literacy



Dus...

- Tekenen moet een prominente plek krijgen binnen O&O
- Laat leerlingen actief en herhaaldelijk schetsen
  - Hierdoor ontwikkelen ze betere ideeën
  - Én leren ze hun ideeën duidelijk over te brengen op anderen

Tekenen ís niet alleen een vaardigheid, het is een essentieel onderdeel van een ontwerp- en onderzoeksproces

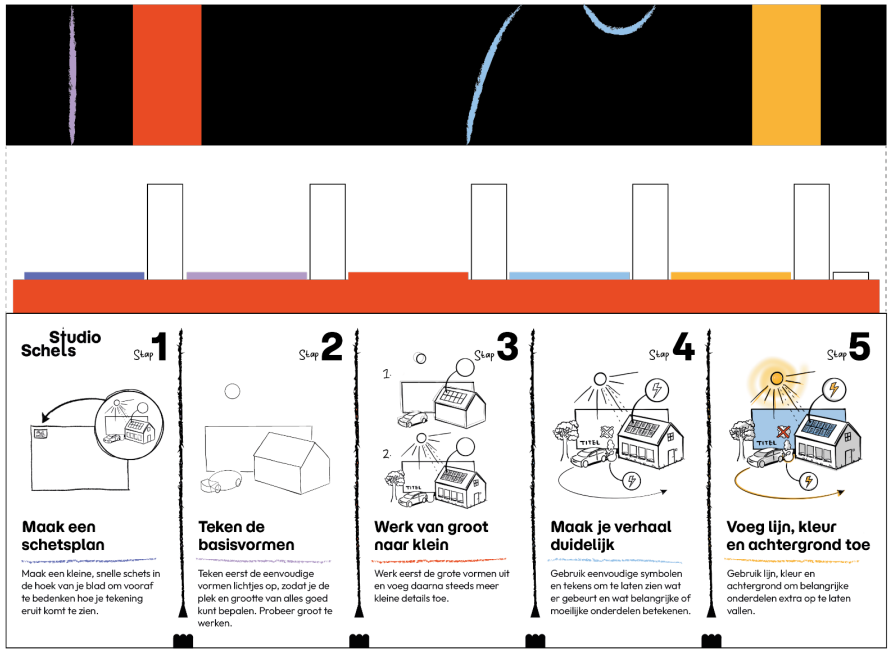
Inleiding Studio Schets

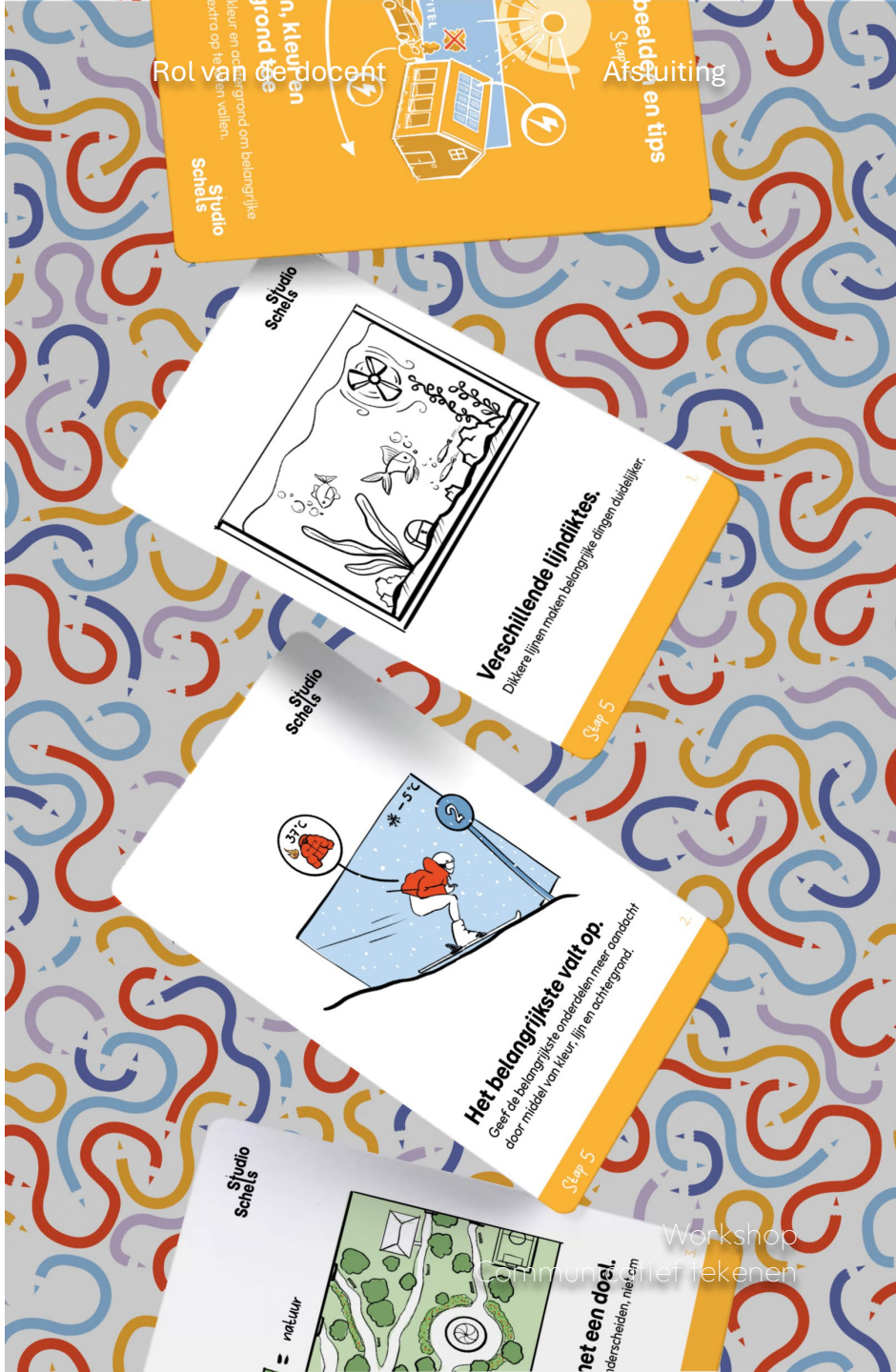
Tekentool die leerlingen begeleid in het maken van communicatieve tekeningen voor O&O.



Hoe werkt het?

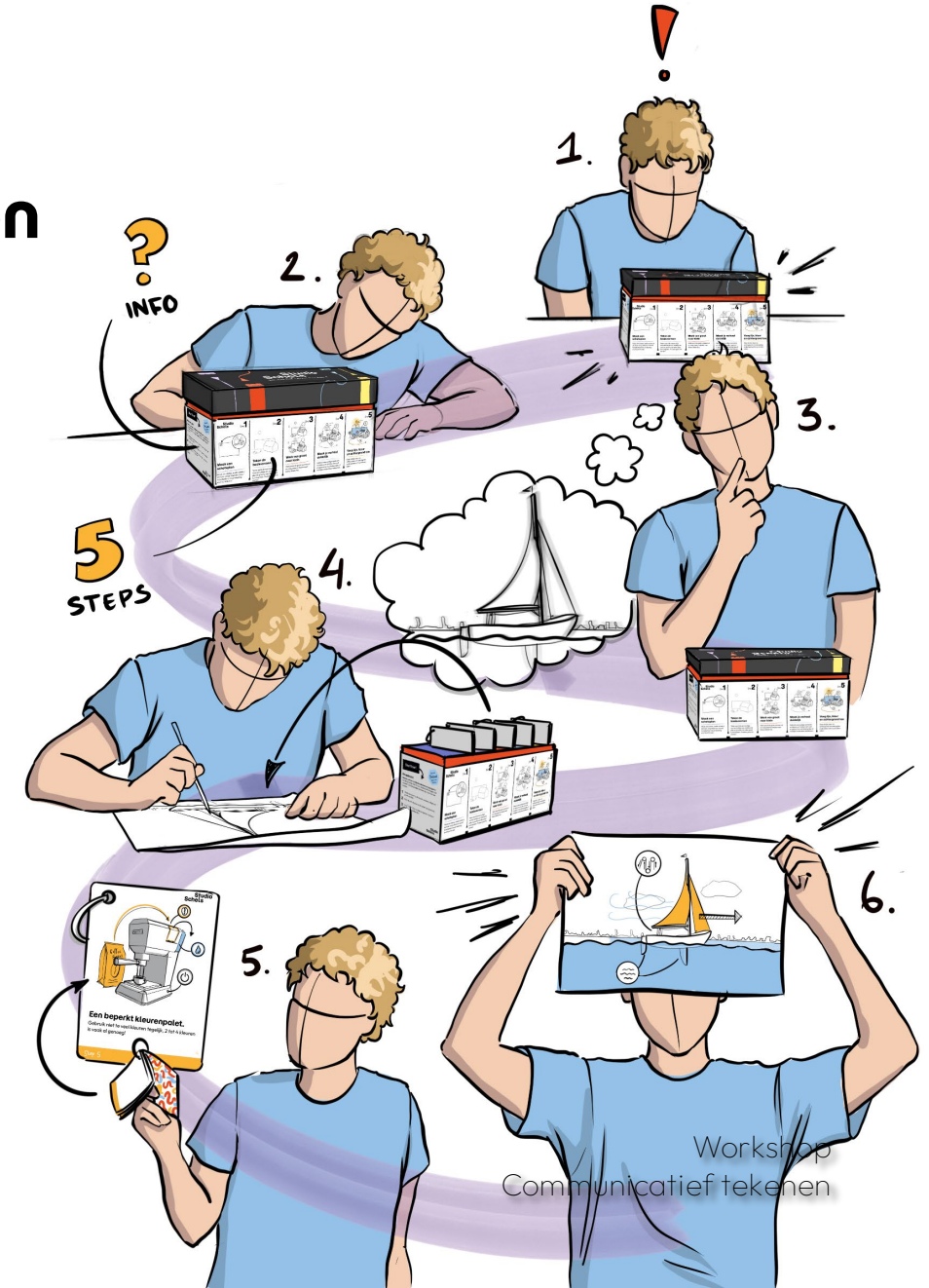
- In stappen, zelfstandig een communicatieve tekening maken
- Bij iedere stap een stapel kaarten met tips en voorbeelden





Zelfstandige ontwikkeling door veel tekenen

- Geen extra belasting voor de docent
- Bespaart tijd foor tekenen te positioneren als manier van denken, ontwerpen en communiceren die leerlingen zelf ontwikkelen en ervaren.
- Op iedere tafel een doos, klaar voor eventueel gebruik: de drempel tot tekenen zo veel mogelijk verlagen
- Aanpasbaar aan project, docent en leerling



Leerdoelen van Studio Schets

Algemeen

- De leerling kan tekenen inzetten als middel om ideeën te ontwikkelen en te verbeteren.
- De leerling kan visuele representaties gebruiken om ideeën begrijpelijk over te brengen.
- De leerling kan uitleggen waarom tekenen van belang is in een ontwerp- en onderzoeksprocessen.

Leerdoelen van Studio Schets

Vaardigheid gerichte leerdoelen

- De leerling weet in welke stappen je een communicatieve tekening opzet en past deze stappen op een juiste manier toe.
- De leerling kan een idee vertalen naar een eerste, globale schets.
- De leerling kan een tekening iteratief verbeteren op basis van feedback en eigen reflectie.
- De leerling kan visuele hiërarchie aanbrengen om belangrijke onderdelen in een tekening te benadrukken.

Leerdoelen van Studio Schets

Leerdoelen voor processmatig werken

- De leerling kan door middel van schetsen meerdere ideeën genereren.
- De leerling kan ontwerpkeuzes maken en deze visueel uitwerken.
- De leerling kan het eigen ontwerpproces analyseren en benoemen hoe een idee zich heeft ontwikkeld.

Communiceren

- De leerling kan een tekening maken die (zonder mondelinge toelichting) begrijpelijk is voor anderen.
- De leerling kan de vorm en uitwerking van een tekening afstemmen op het doel (ideeontwikkeling of presentatie).

Reflectie leerdoelen

- De leerling kan de effectiviteit van een tekening beoordelen op basis van duidelijkheid en communicatieve waarde.
- De leerling kan onderbouwen welke verbeteringen zijn doorgevoerd en waarom.

Opdracht

Teken allemaal (zonder bij elkaar te kijken) het O&O proces dat een leerling bij jullie op school doorloopt met behulp van Studio Schets.

- Je mag hieraan je eigen invulling geven.
- Het hoeft absoluut niet perfect maar moet uitleg geven zonder woorden te gebruiken
- Jullie krijgen 20 minuten de tijd

Succes.

Jouw rol als docent

- Vragen stellen
- Voorbeelden aanbieden
- Motiveren en aanmoedigen

Tekenen als communicatie-middel

- Bekijk de tekening: begrijp jij wat de leerling bedoeld?
- Stel vragen:
  - Wat (heb je getekend)?
  - Waarom (heb je dat getekend)?
  - Hoe (heb je dat getekend)?

Wat?

Wat	De leerling kan **goed antwoord** geven op mijn vraag maar de tekening is **niet communicatief**.	**Teken-technische tips** Verwijs door naar kaarten in Studio Schets (in de doos). *"Maar ik weet echt niet hoe je dat moet tekenen!"*→ Laat leerlingen online een voorbeeld opzoeken van het onderdeel dat ze willen tekenen.
	De leerling kan **geen antwoord** geven op mijn vraag en de tekening is **niet communicatief**.	**Project-inhoudelijke tips** Voordat je feedback geeft op teken-technische onderdelen van de tekening is het belangrijk dat de leerling kritisch nadenkt over WAT hij/zij heeft getekend. Stel leerlingen de vraag: *"Wat wil je vertellen met deze tekening? Denk je dat je tekening dat nu vertelt? Waarom wel/niet?"* Je kunt de leerling ook vertellen hoe jij de tekening op dit moment had geïnterpreteerd. Dat geeft inzicht in hoe anderen denken en kijken en laat de leerling kritisch nadenken over het beeld op de tekening.

Waarom?

Waarom	De leerling kan **goed antwoord** geven op mijn vraag maar de tekening is **niet communicatief**.	**Teken-technische tips** Verwijs door naar kaarten in Studio Schets (in de doos).
	De leerling kan **geen antwoord** geven op mijn vraag en de tekening is **niet communicatief**.	**Project-inhoudelijke tips** Voordat je feedback geeft op teken-technische onderdelen van de tekening is het belangrijk dat de leerling kritisch nadenkt over WAAROM hij/zij heeft getekend wat hij/zij heeft getekend. Stel vragen zoals: *"Wordt door deze tekening je proces echt duidelijker?", of: "Wat was het moeilijkste uit je proces?".* Zorg ervoor dat leerlingen actief nadenken over de visuele communicatieve waarde van het onderwerp dat ze aanhalen in hun tekening, misschien is het iets dat mondeling makkelijker is uit te leggen.

Hoe?

Hoe	De leerling kan **goed antwoord** geven op mijn vraag maar de tekening is **niet communicatief.**	**Teken-technische tips** Verwijs door naar kaarten in Studio Schets (in de doos). *"Maar ik weet echt niet hoe je dat moet tekenen!"*→ Laat leerlingen online een voorbeeld opzoeken van het onderdeel dat ze willen tekenen.
	De leerling kan **geen antwoord** geven op mijn vraag en de tekening is **niet communicatief**.	**Teken-technische tips** Verwijs door naar kaarten in Studio Schets (in de doos). *"Maar ik weet echt niet hoe je dat moet tekenen!"*→ Laat leerlingen online een voorbeeld opzoeken van het onderdeel dat ze willen tekenen.

3 gouden tips bij het ondersteunen en begeleiden van een tekenproces:

- Vragen stellen
- Voorbeelden aanbieden
- Motiveren en aanmoedigen

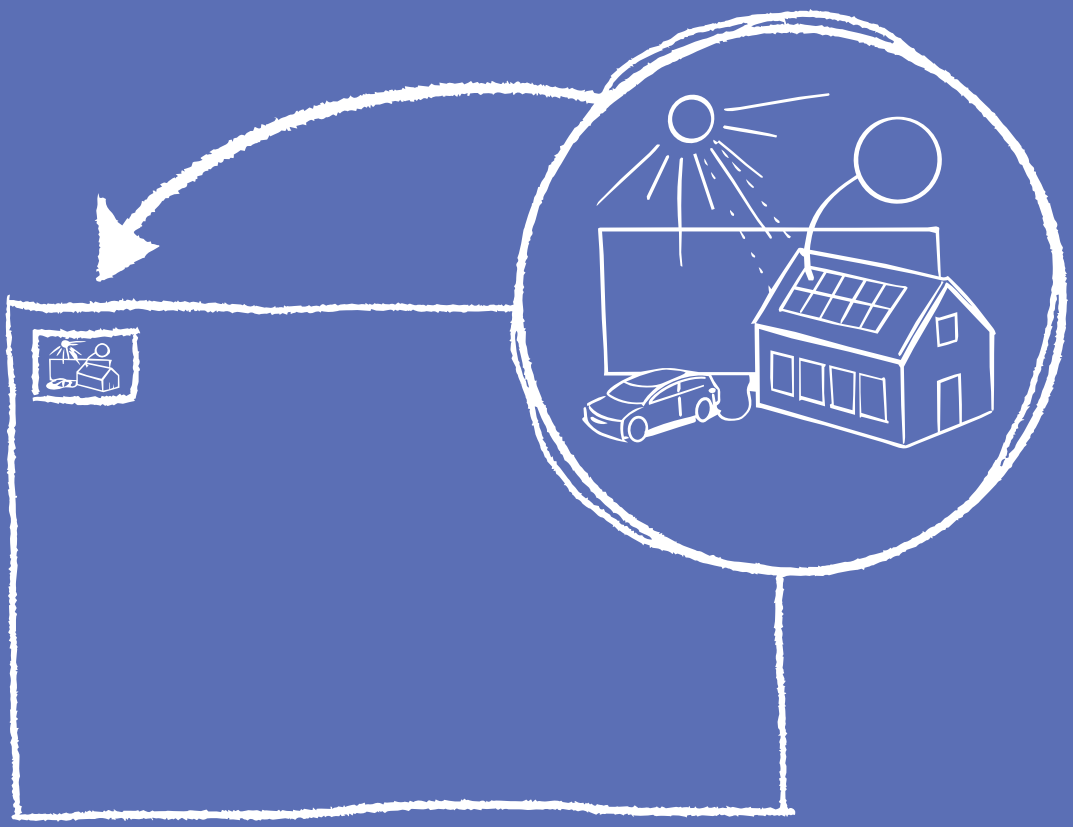
Motiveren en aanmoedigen

- Gebruik Studio Schets
- Minimaal aantal tekeningen per project
- Iedere leerling moet tekenen
- Geen woorden, maar tekeningen
- “Belangrijke skill voor later”

Hebben jullie nog vragen?

Voorbeelden en tips

Stap 1

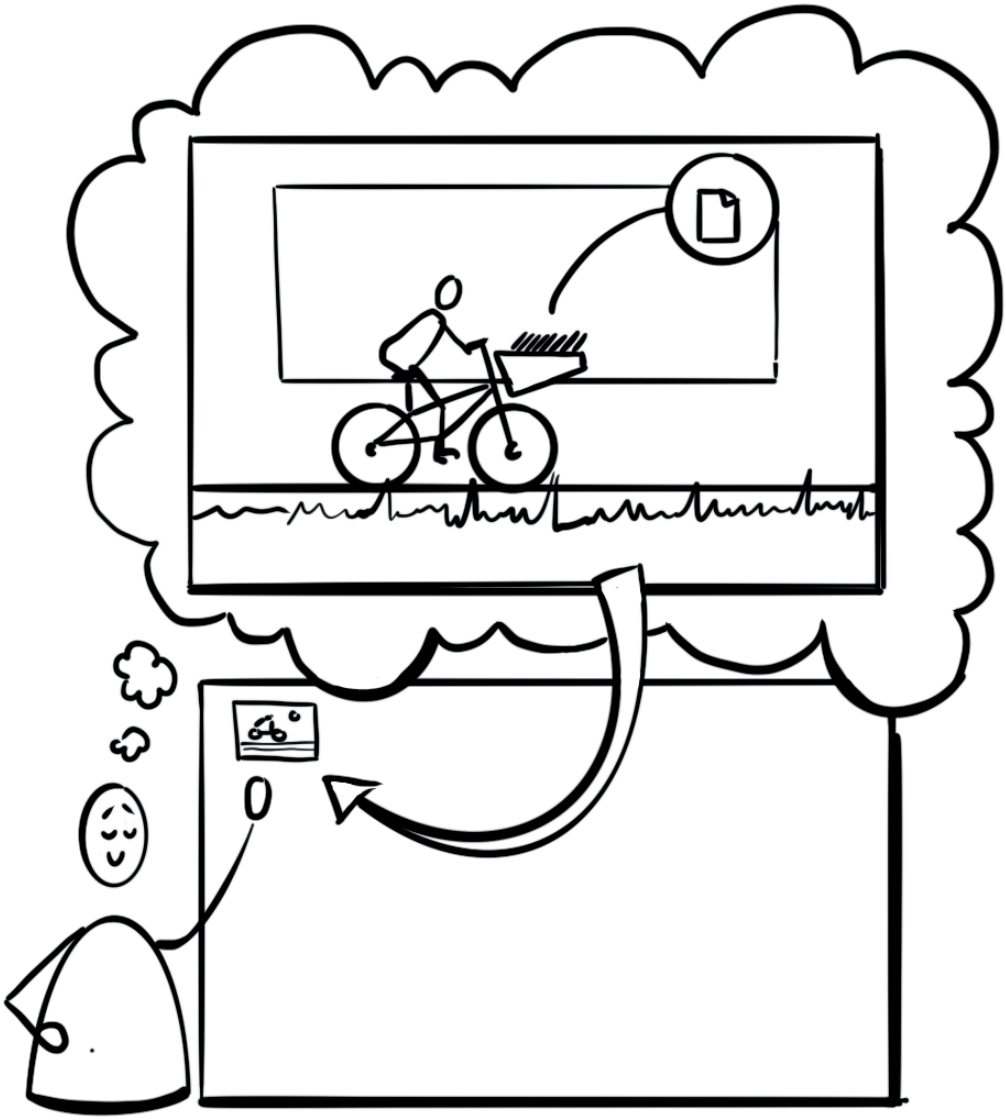


Maak een schetsplan.

Maak een kleine, snelle schets in de hoek van je blad om vooraf te bedenken hoe je tekening eruit komt te zien.

Studio Schels

Studio Schels



Waar komt wat?

Bedenk waar alles komt te staan op je blad.

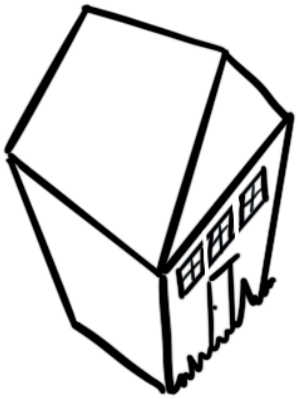
Studio Schels



voor



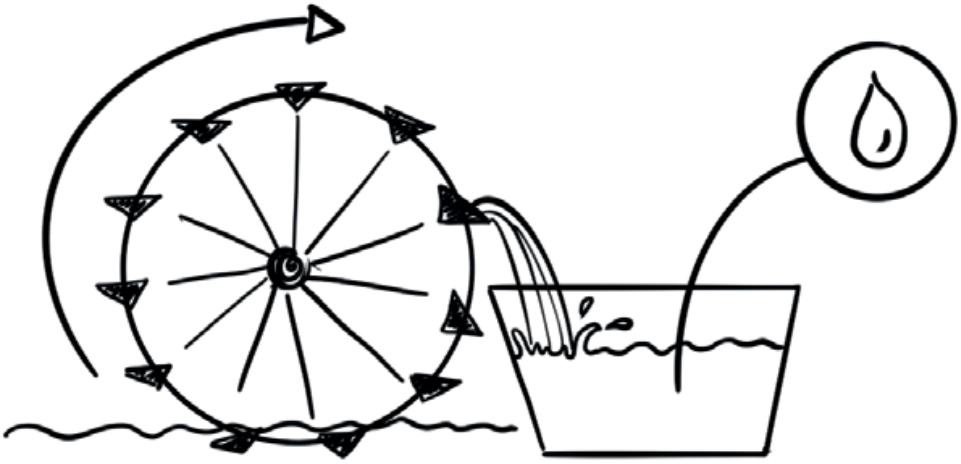
schuin



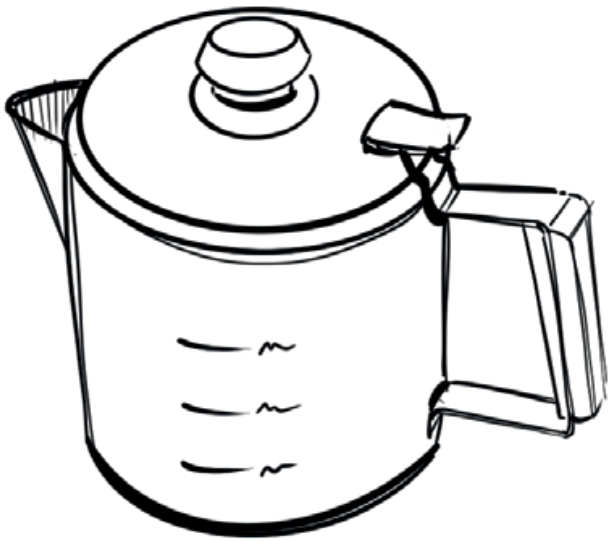
boven

Wat is het kijkstandpunt?

Kies hoe je naar het object op je tekening kijkt: van voren, van boven of schuin.



systeem

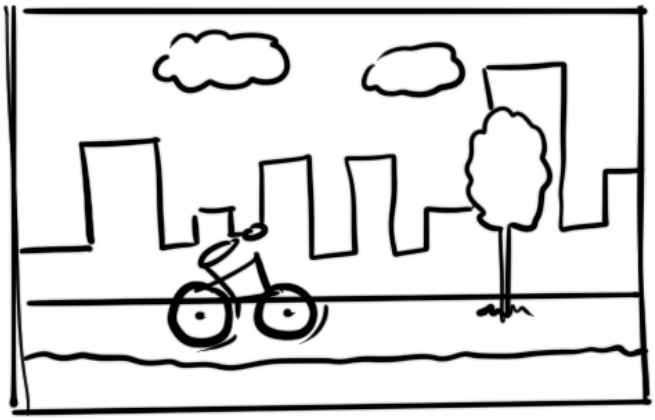


product

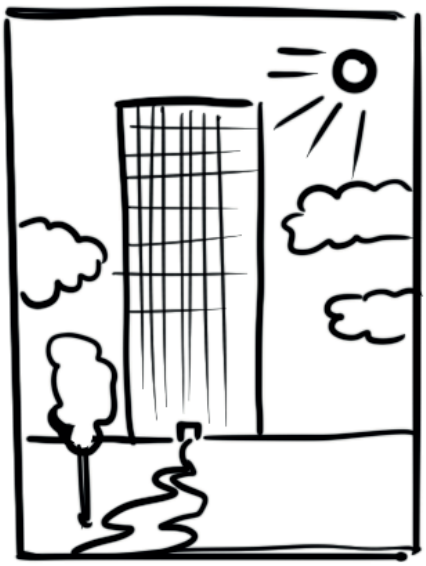
2D of 3D?

Kies of je tekening plat (2D) of met diepte (3D) wordt.

Studio Schels



liggend

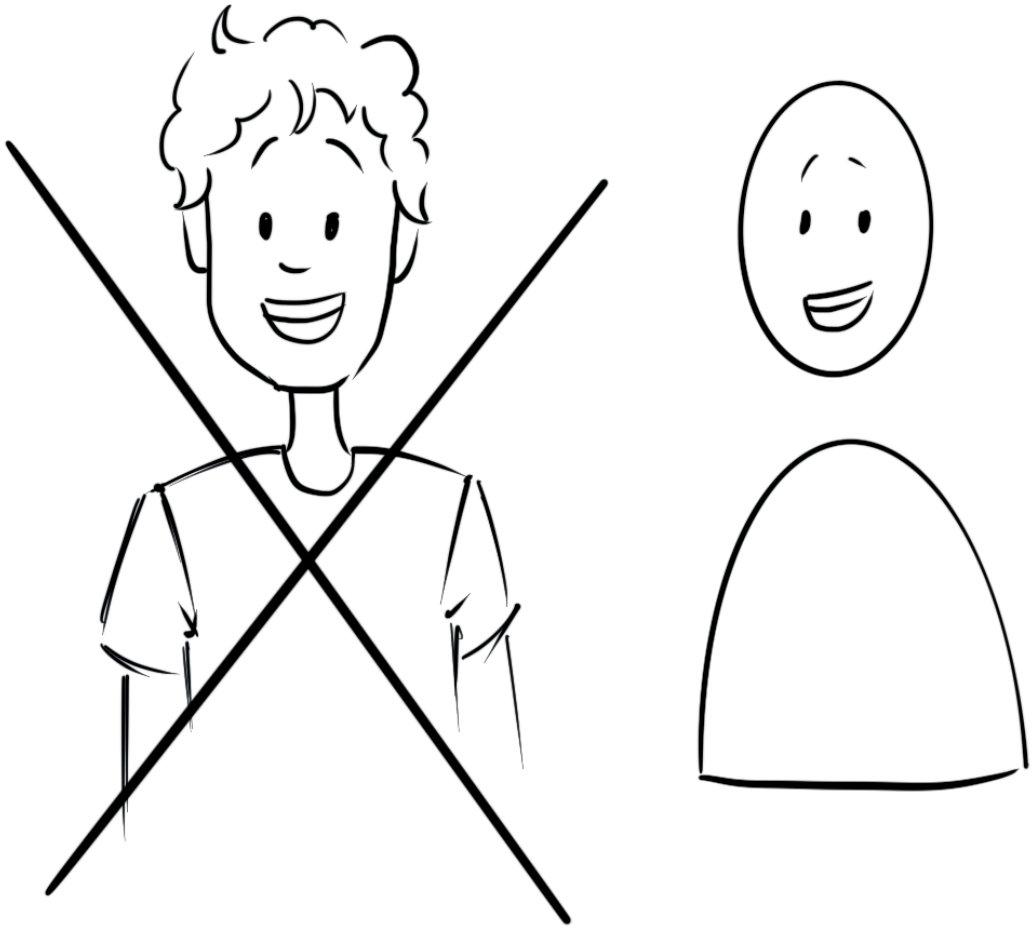


staand

Liggend of staand?

Kies of je blad staand of liggend het beste past.

Studio Schels



Wat is de basis van je idee?

Teken eerst alleen het belangrijkste, geen details.

Studio Schels



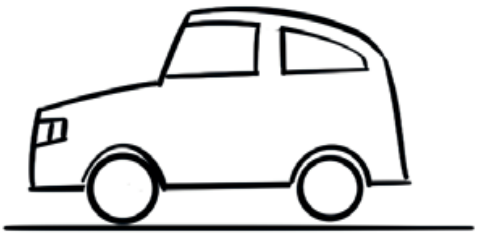
Test verschillende ideeën.

Maak meerdere snelle schetsen en kies de beste.



Klopt je schets?

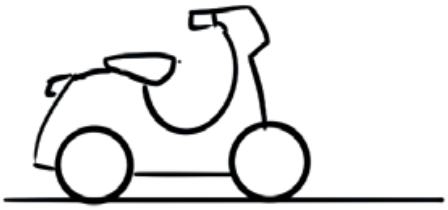
Vraag of iemand je schets begrijpt voordat je verder gaat. Je kunt je schets ook van een afstandje bekijken.



auto



boot



scooter



fiets

Werk snel en klein.

Niet te netjes! Het gaat om het idee.

Studio Schels



Wat is het belangrijkste?

Bepaal wat het belangrijkste is in je tekening en geef dat de meeste aandacht.

Studio Schels

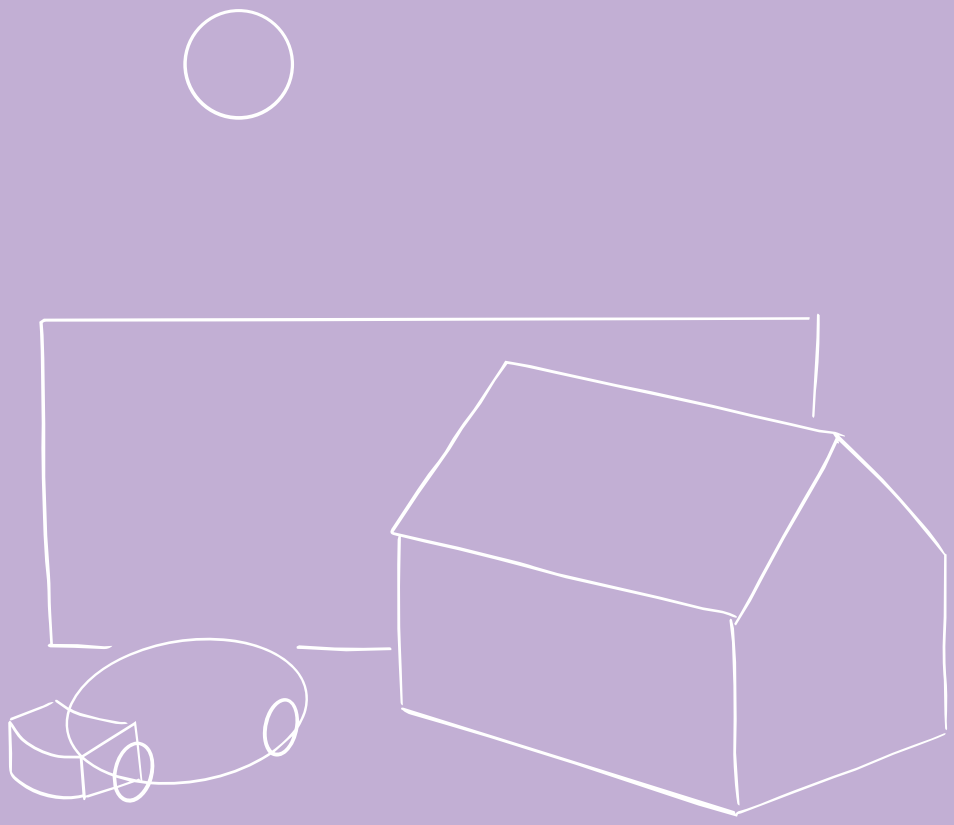


Past alles op het blad?

Check de grootte van je schets en de ruimte op je blad: gaat het passen?

Voorbeelden en tips

Stap 2

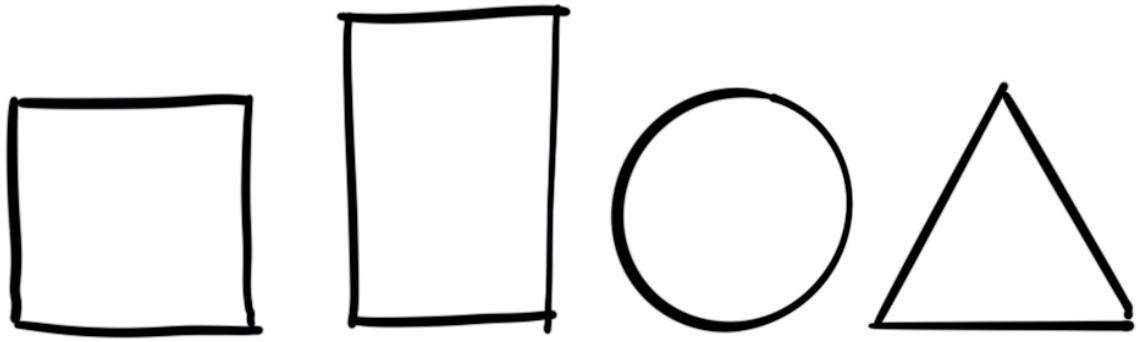


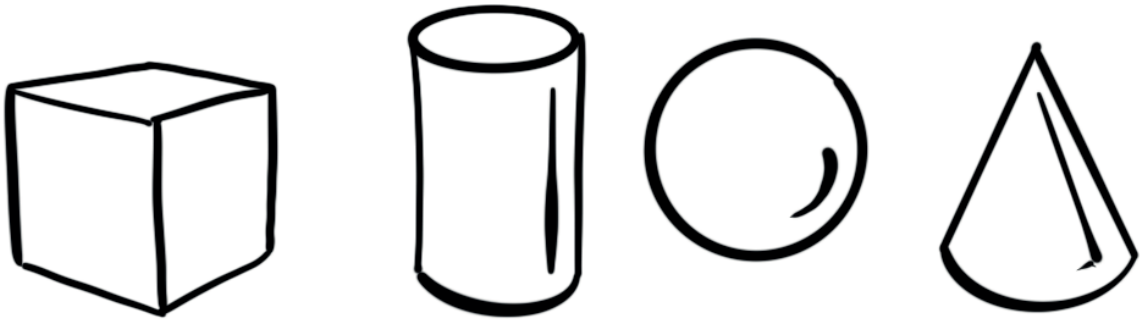
Teken de basisvormen.

Teken eerst de eenvoudige vormen lichtjes op, zodat je de plek en grootte van alles goed kunt bepalen. Probeer groot te werken.

Studio Schels

Studio Schels

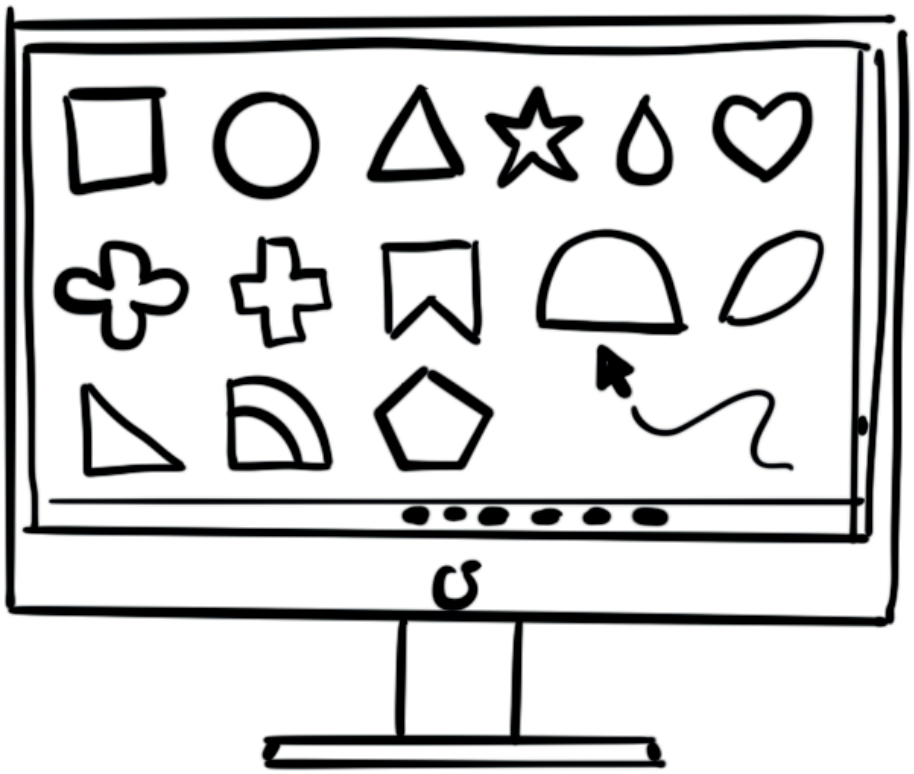




2D of 3D?

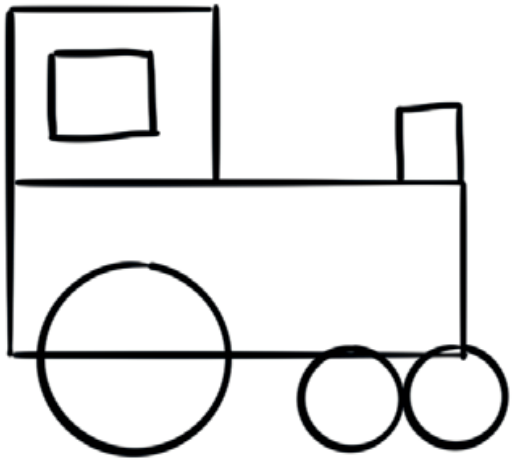
Bepaal of je tekening 2D of 3D wordt en teken je basisvormen daar ook in.

Studio Schels

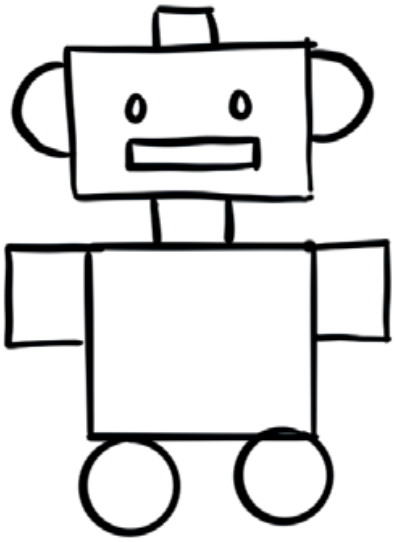


Hulp nodig?

Bekijk voorbeelden van basisvormen online en teken ze na.



trein

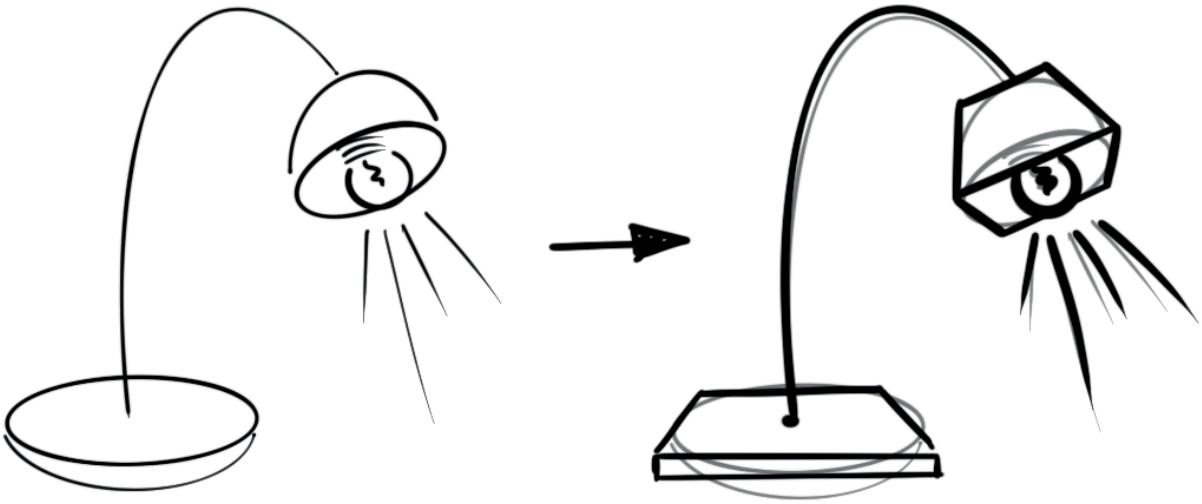


robot

Houd het simpel.

Maak je idee zo simpel mogelijk in je hoofd voordat je begint.

Studio Schels

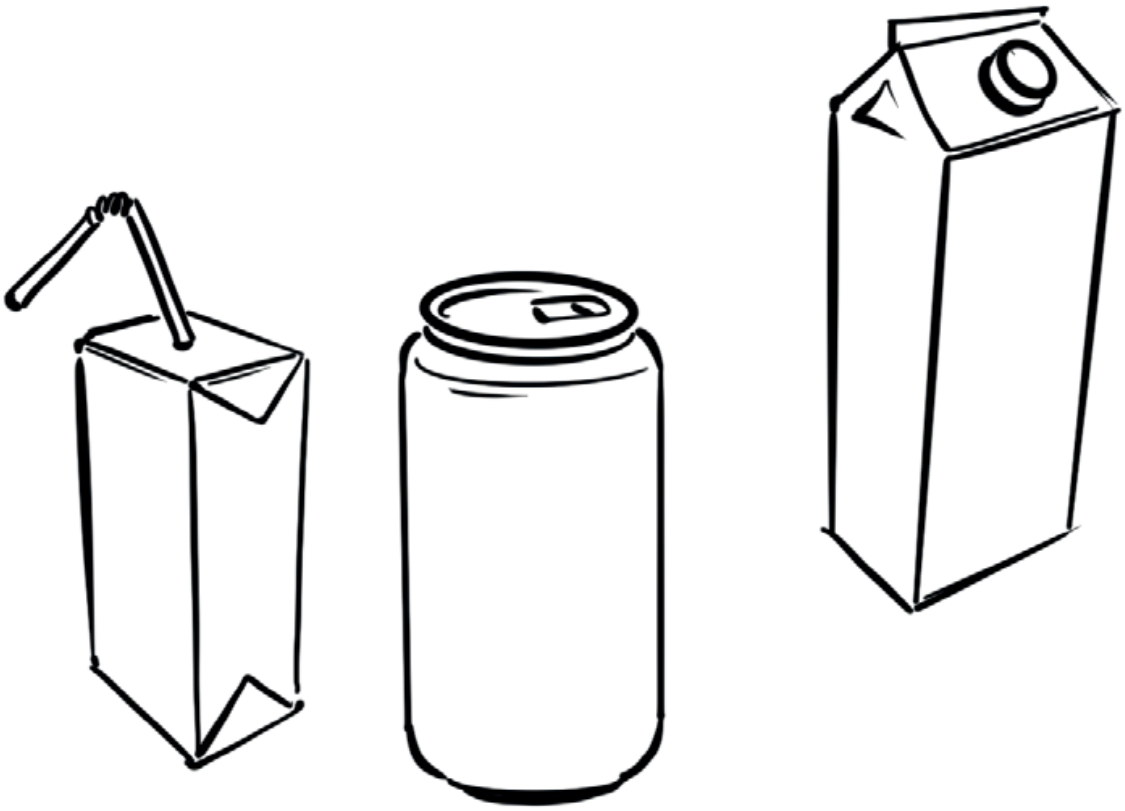




Teken licht.

Druk niet hard op je potlood of pen, zo kan je het later nog aanpassen.

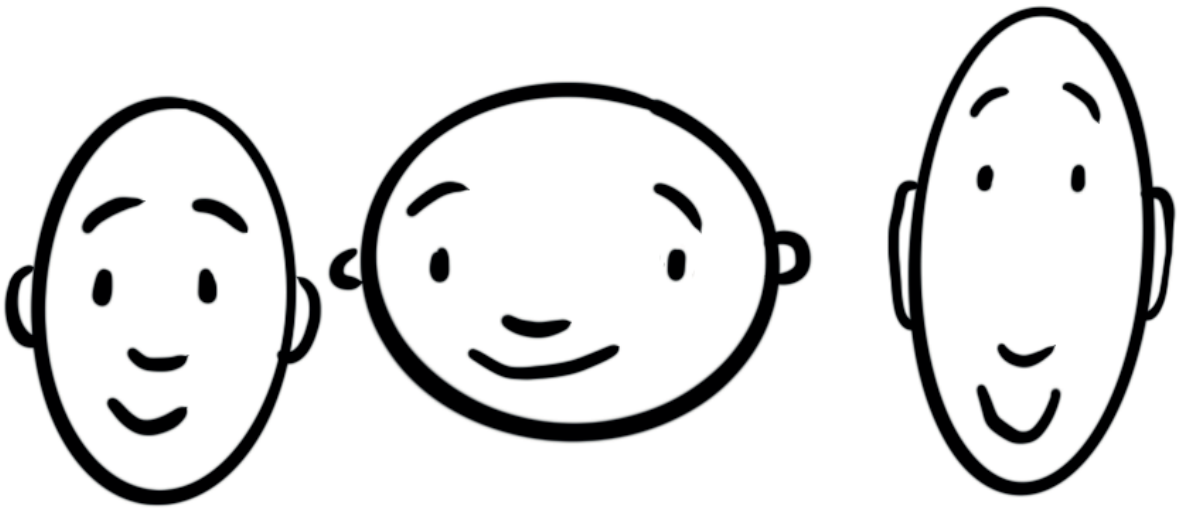
Studio Schels



Check verhoudingen.

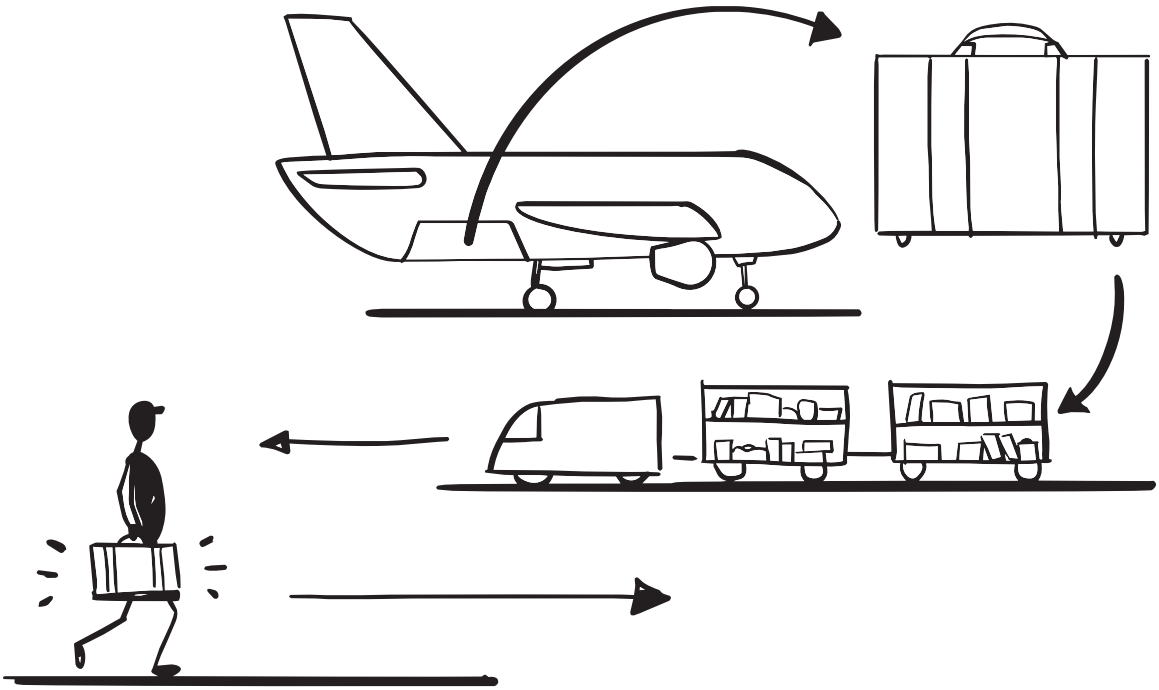
Let op de verhoudingen en kijk regelmatig terug naar je schetsplan.

Studio Schels



Let op afstanden.

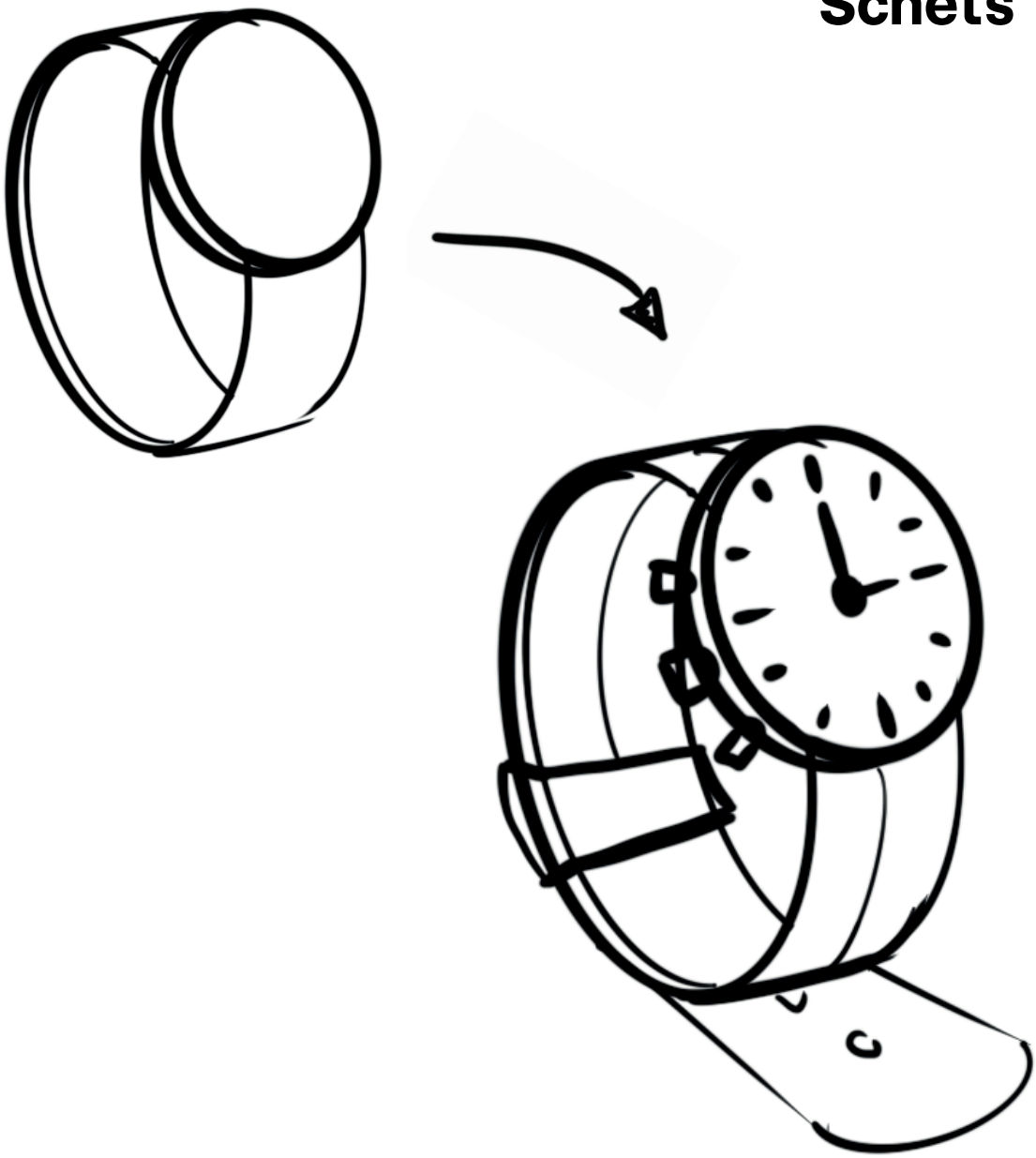
Zorg dat de ruimtes tussen vormen kloppen.



Kijk naar het geheel.

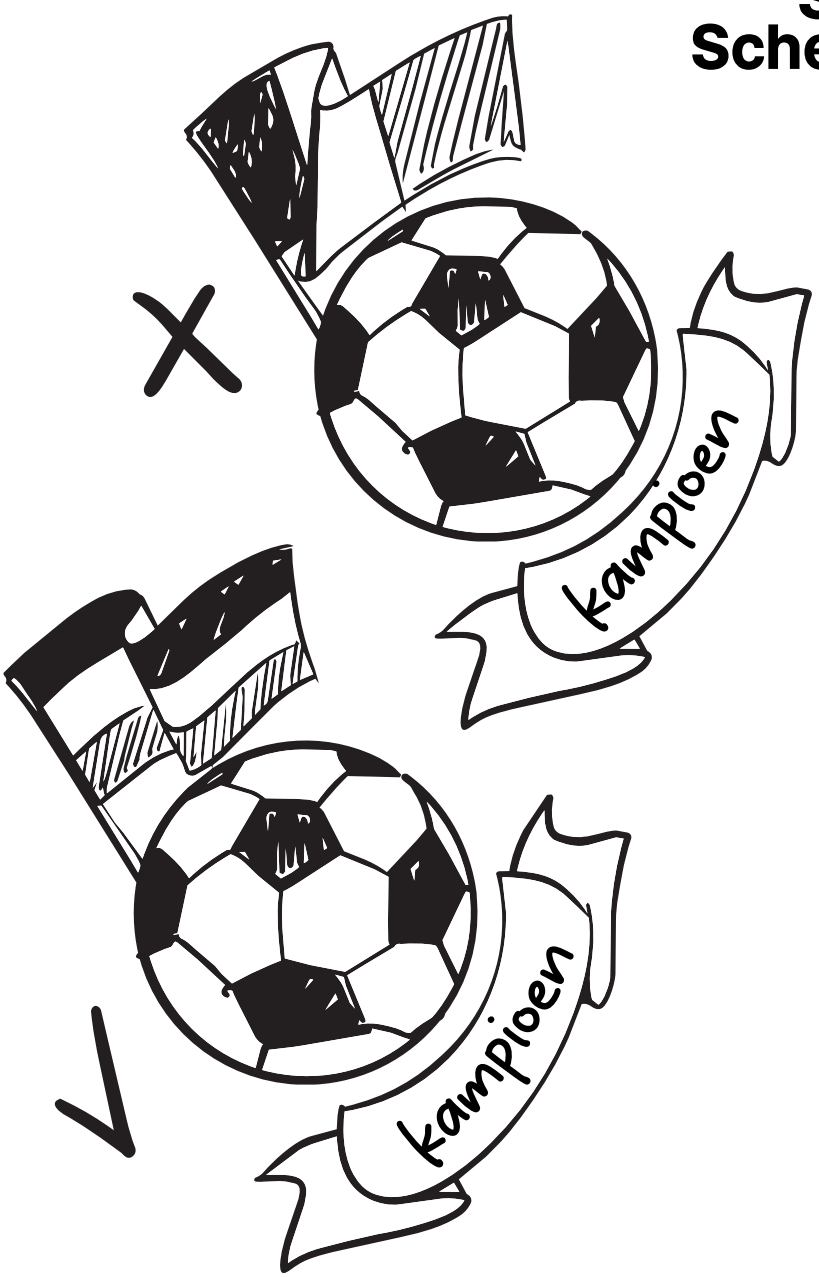
Niet naar details, maar naar de hele tekening.

Studio Schels



Begin groot, daarna klein.

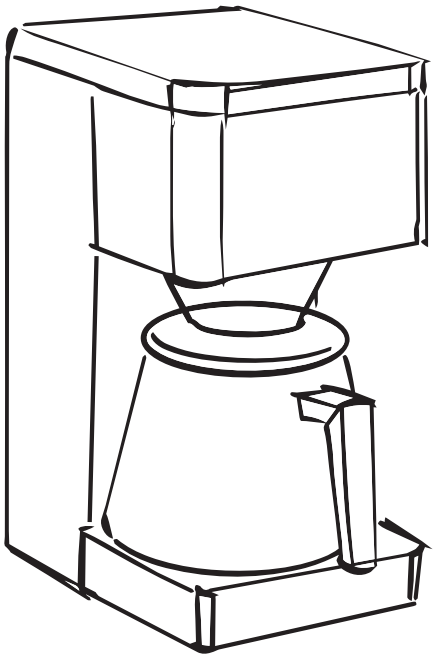
Begin met grote vormen en werk daarna pas de kleinere uit.

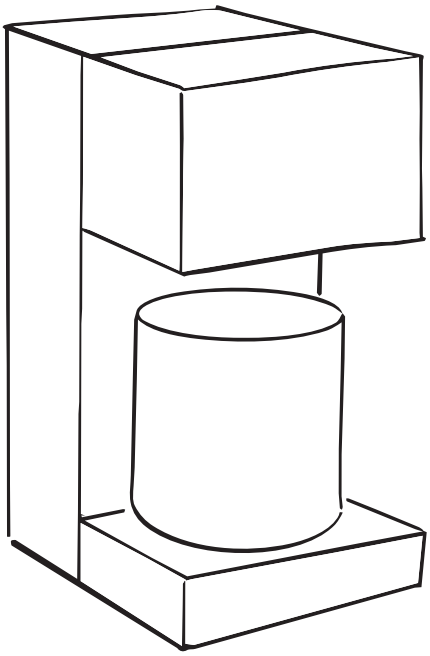


Pas meteen aan.

Klopt iets niet? Verbeter het direct.

Studio Schels



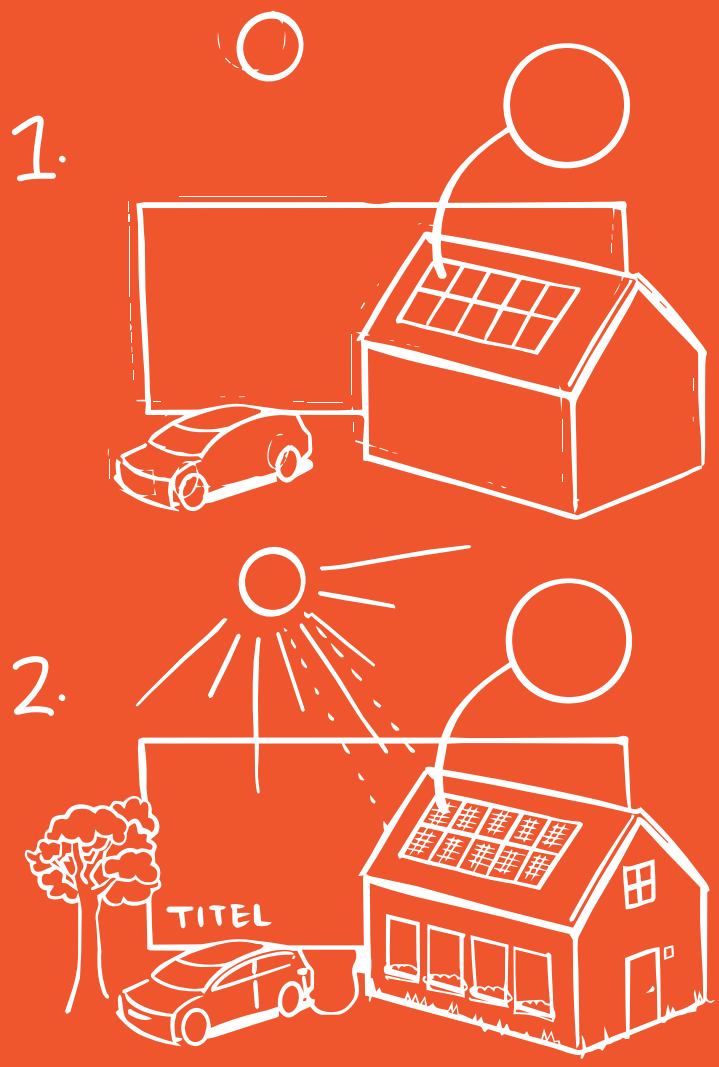


Denk in blokken.

Stel je voor dat je je idee bouwt met bouwstenen, teken op die manier.

Voorbeelden en tips

Stap 3

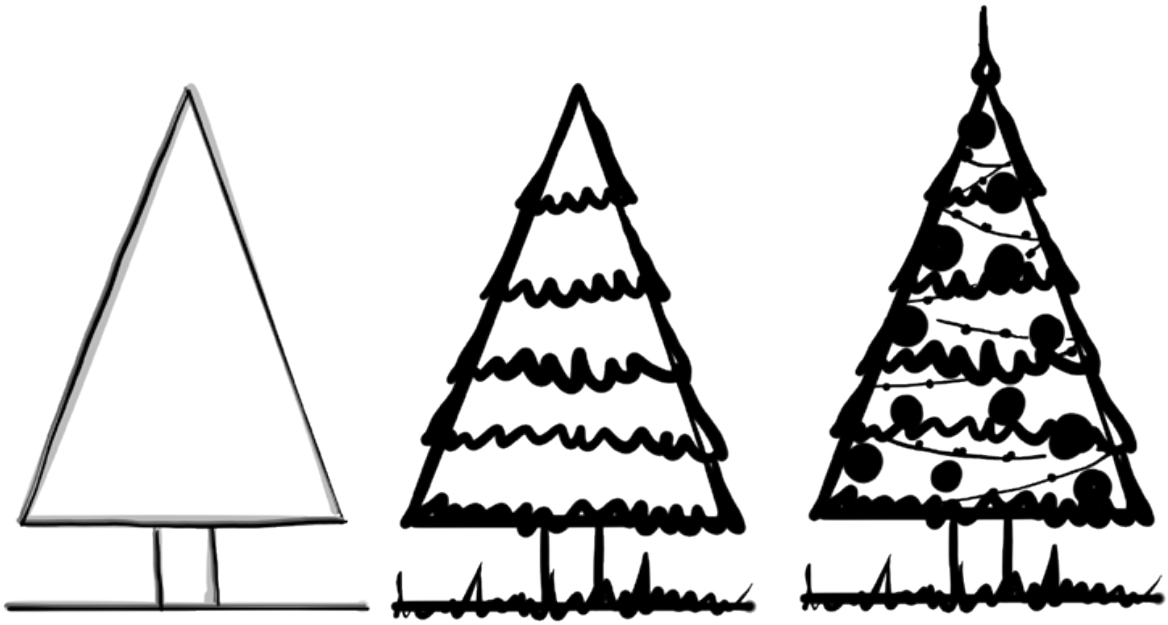


Werk van groot naar klein.

Werk eerst de grote vormen uit en voeg daarna steeds meer kleine details toe.

Studio Schels

Studio Schels

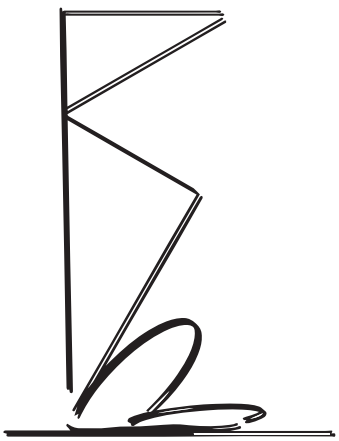


1. 2. 3.

Bouw stap voor stap op.

Ga rustig van de basis naar de uitwerking.

Studio Schels



1.



2.

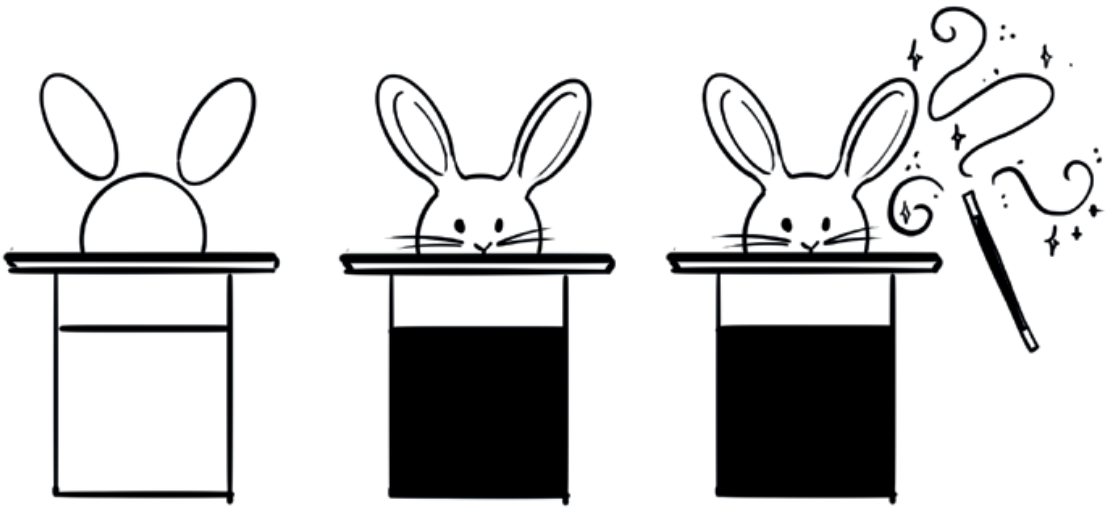


3.

Blijf je basisvormen volgen.

Teken over je basisopzet heen.

Studio Schels

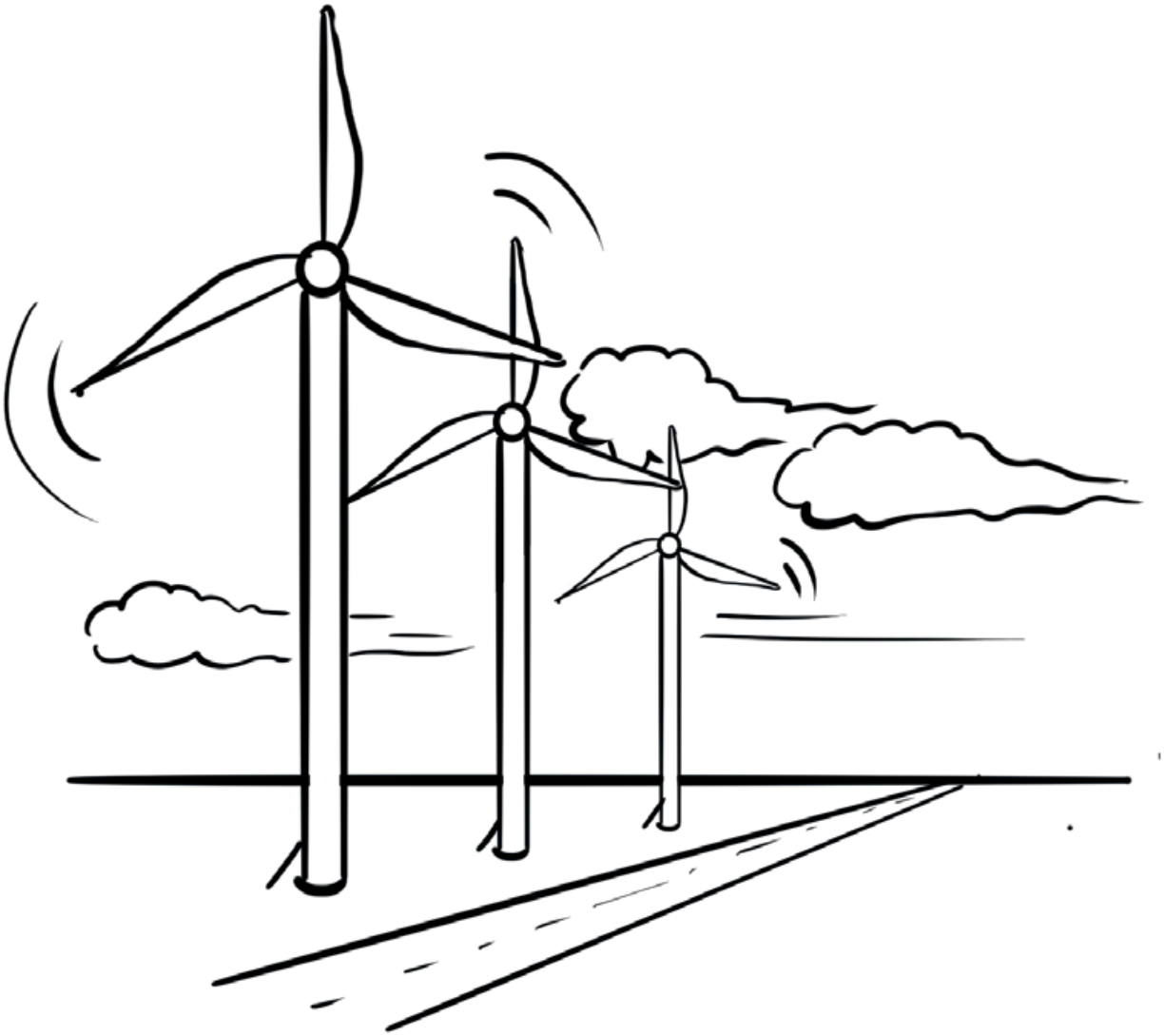


1. 2. 3.

Knijp je ogen tot spleetjes.

Kijk door je wimpers naar je tekening. Hierdoor vallen details weg en kan je goed zien wat de belangrijkste vormen zijn. Die werk je eerst uit.

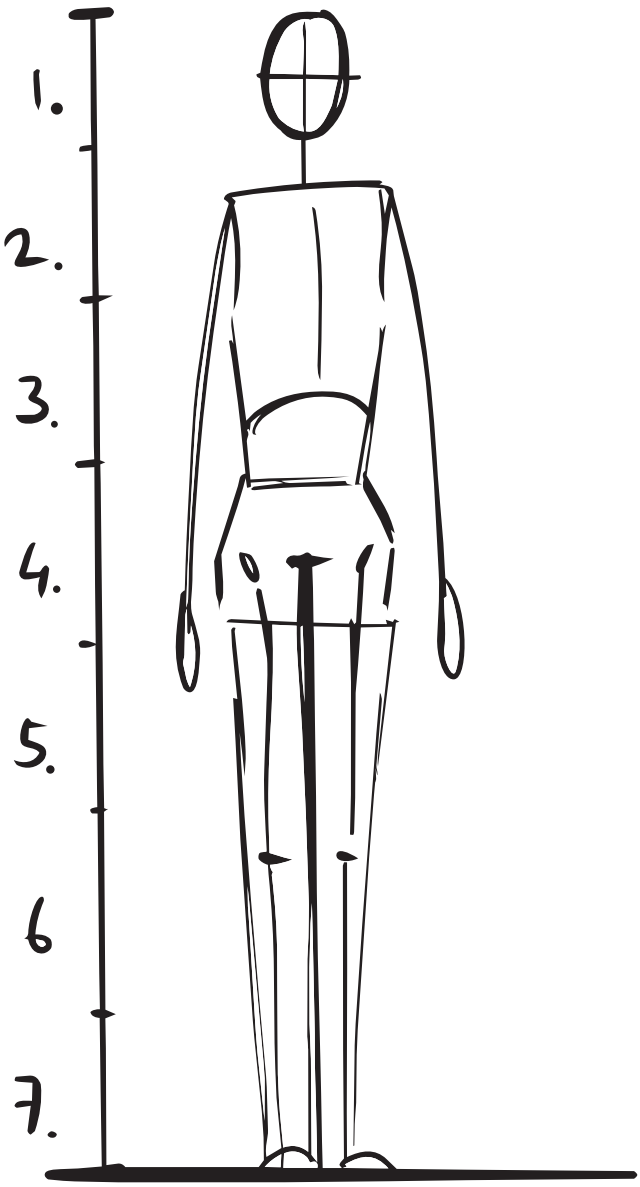
Studio Schels



Klopt het geheel?

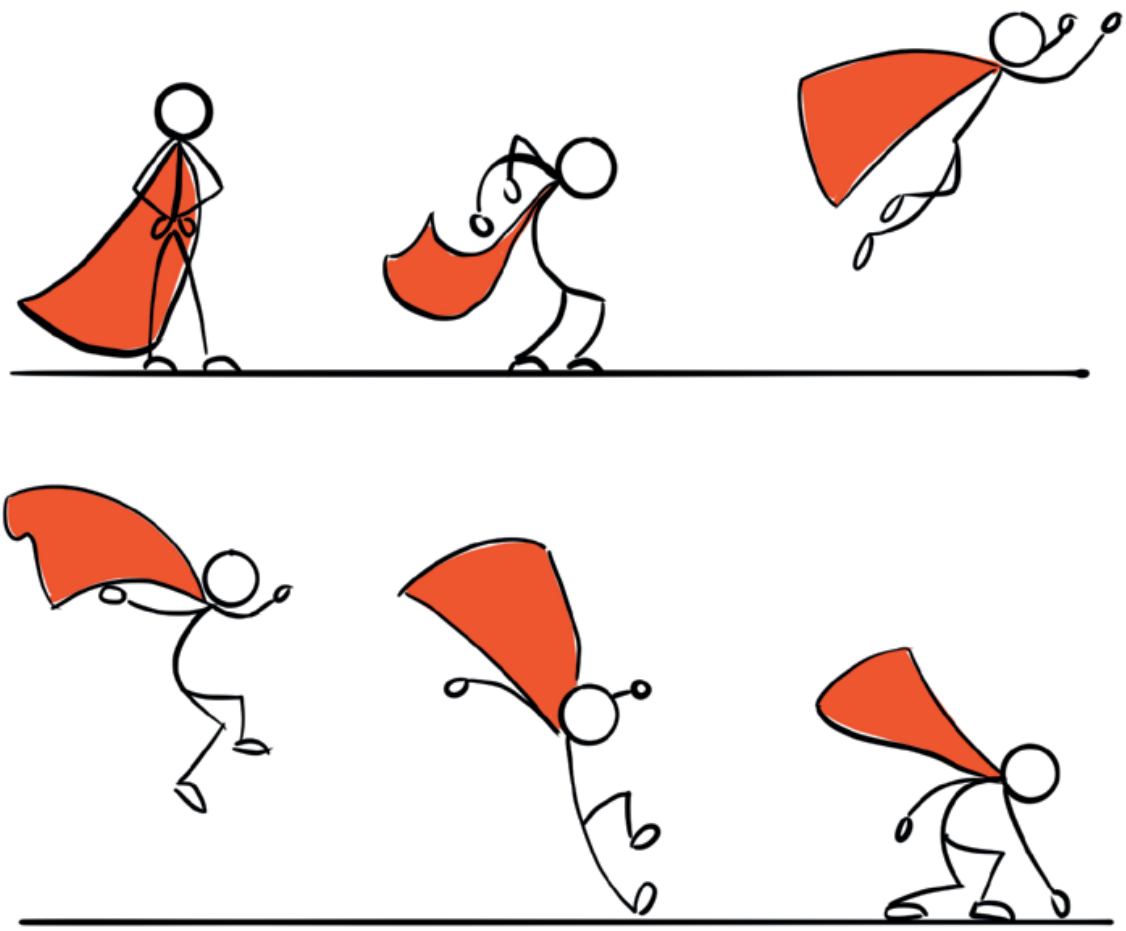
Check steeds of alles nog klopt samen.

Studio Schels



Check verhoudingen.

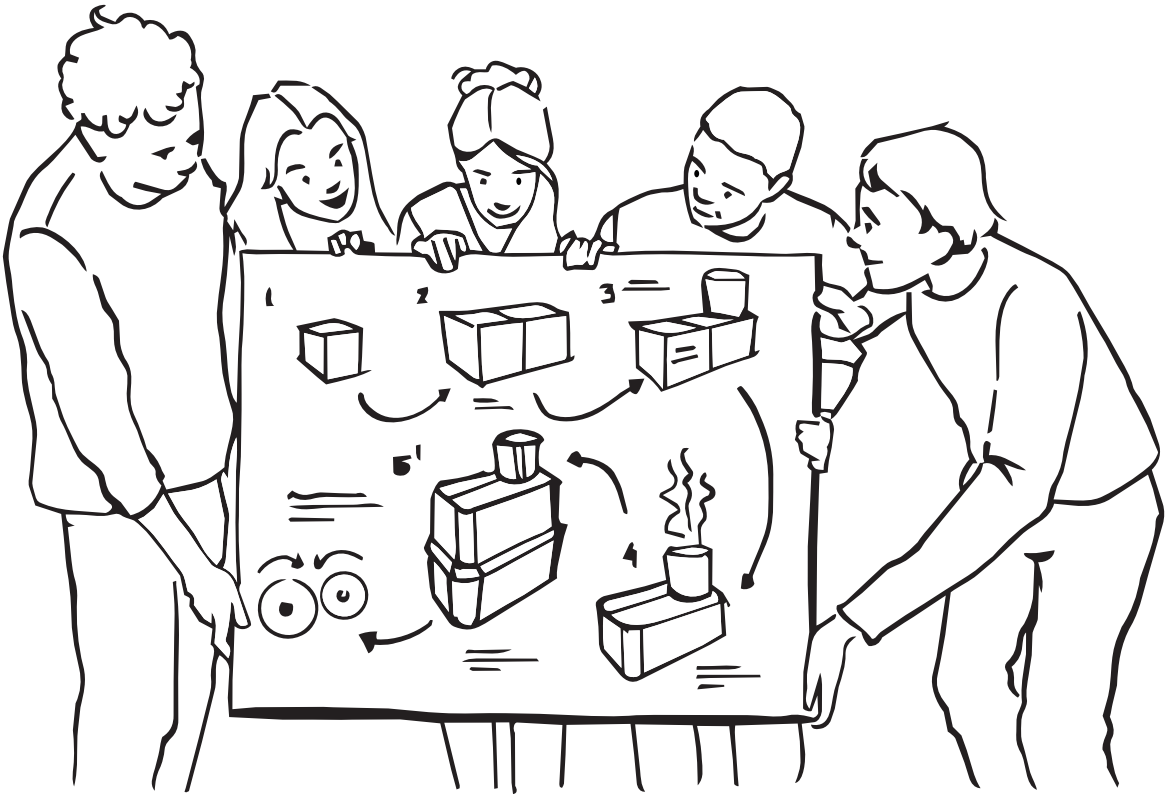
Klopt de grootte van onderdelen nog?



Simpele vormen.

Gebruik simpele vormen om de basis van je tekening verder uit te werken.

Studio Schels



Maak je tekening in balans.

Zorg dat alles goed verdeeld blijft op je blad.

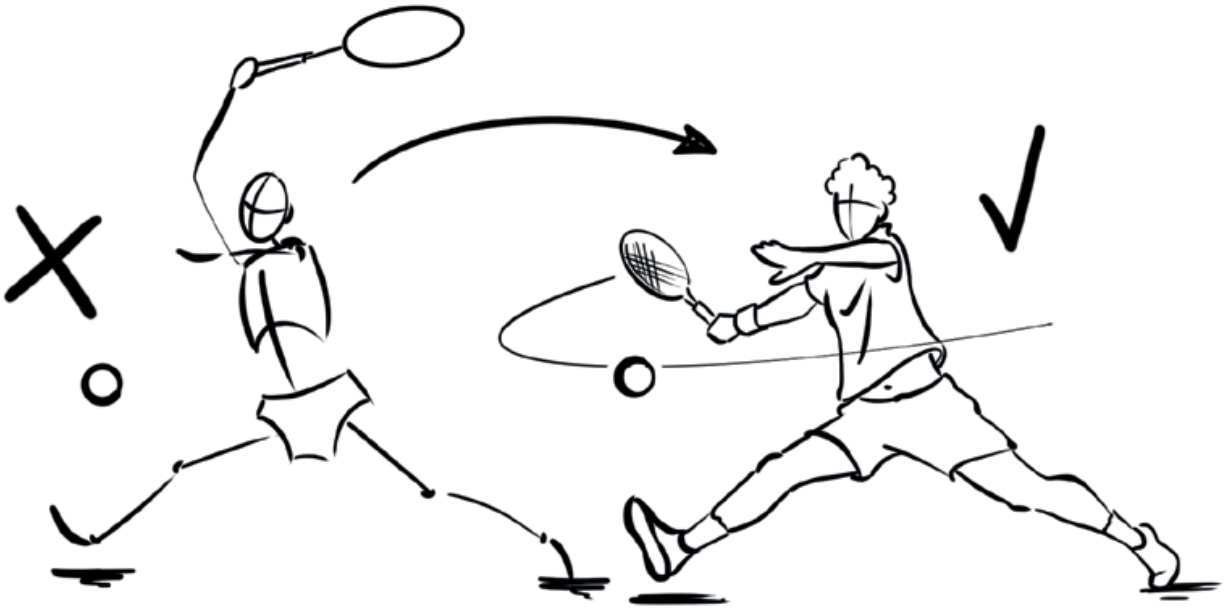
Studio Schels



Maak lijnen duidelijker.

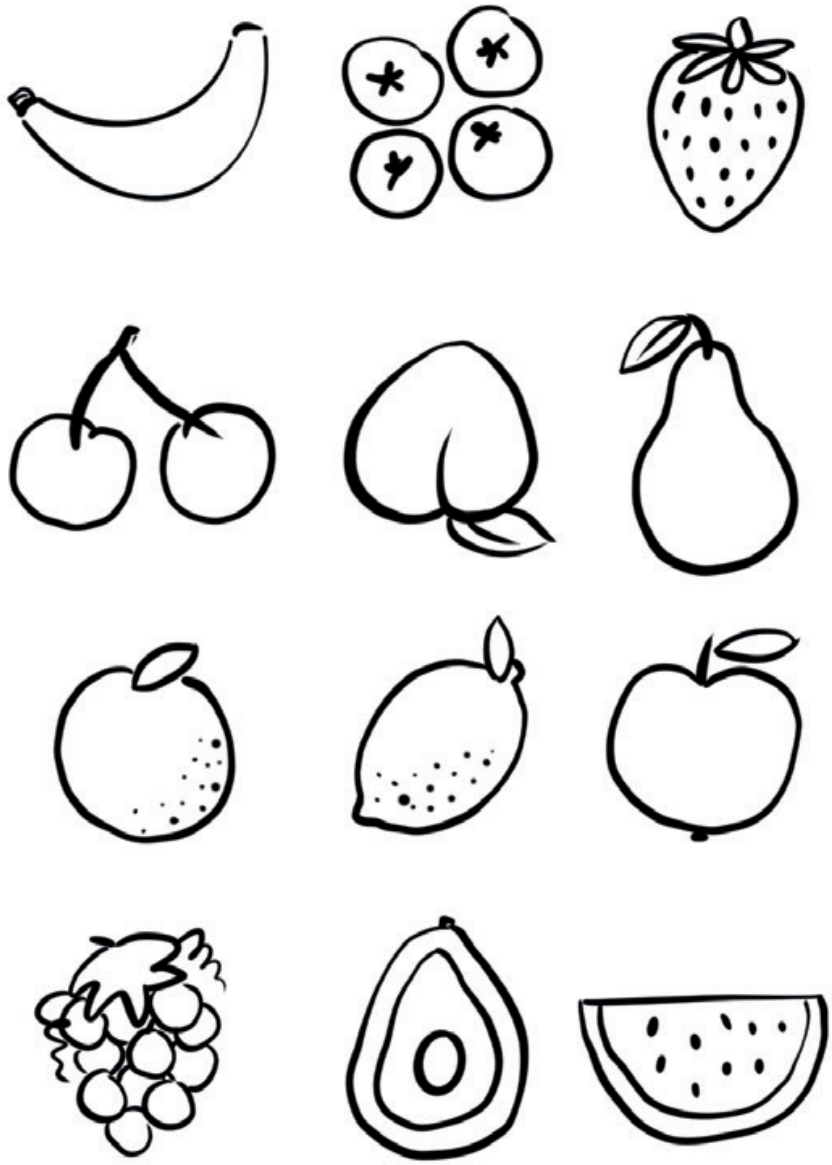
Trek lijnen die belangrijk zijn nog een keertje over.

Studio Schels



Verwijder of verbeter fouten.

Corrigeer wat niet klopt terwijl je verder werkt.

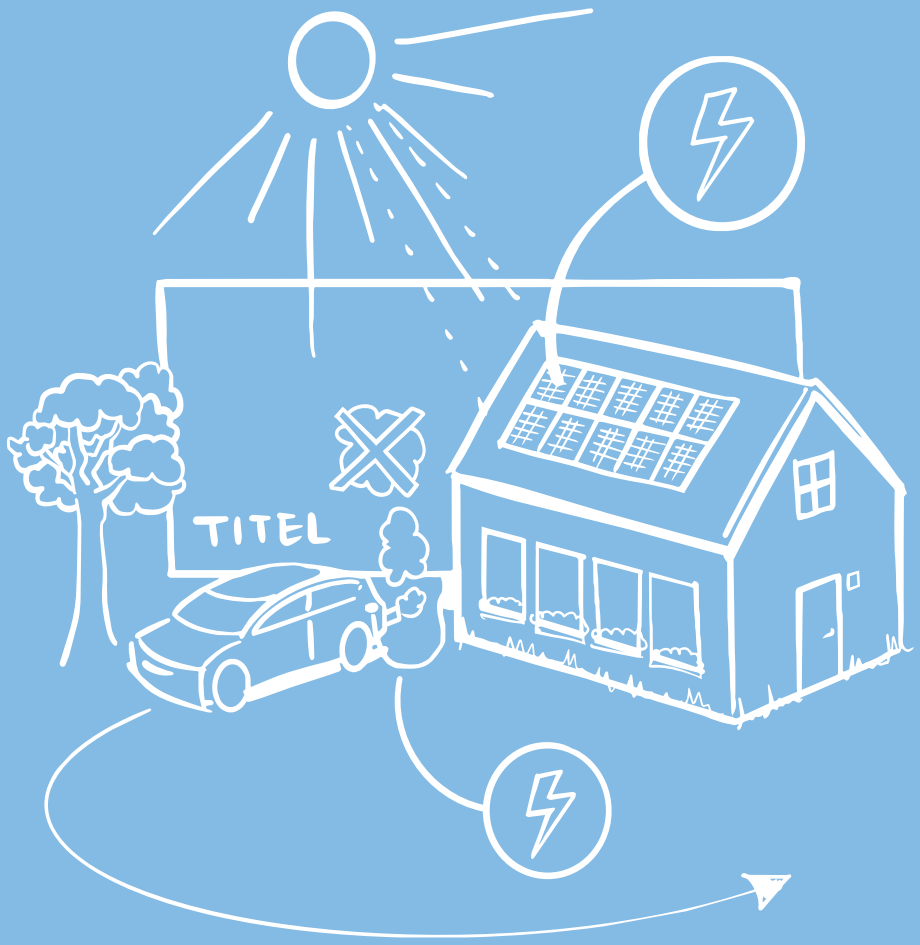


Bekijk voorbeelden.

Als je het moeilijk vind om bepaalde onderdelen te tekenen kan je voorbeelden opzoeken op internet.

Voorbeelden en tips

Stap 4



Maak je verhaal duidelijk.

Gebruik eenvoudige symbolen en tekens om te laten zien wat er gebeurt en wat belangrijke of moeilijke onderdelen betekenen.

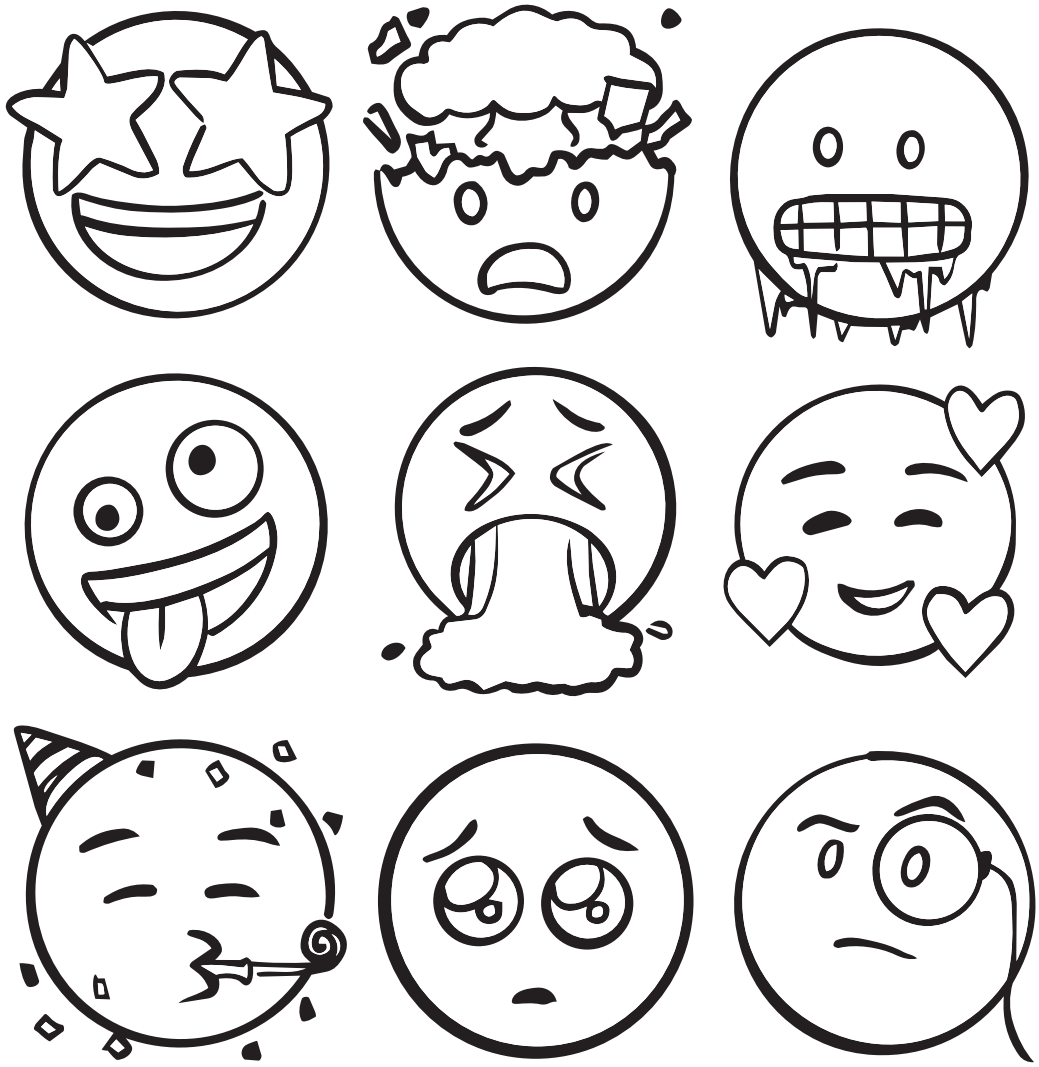
Studio Schels

Studio Schels



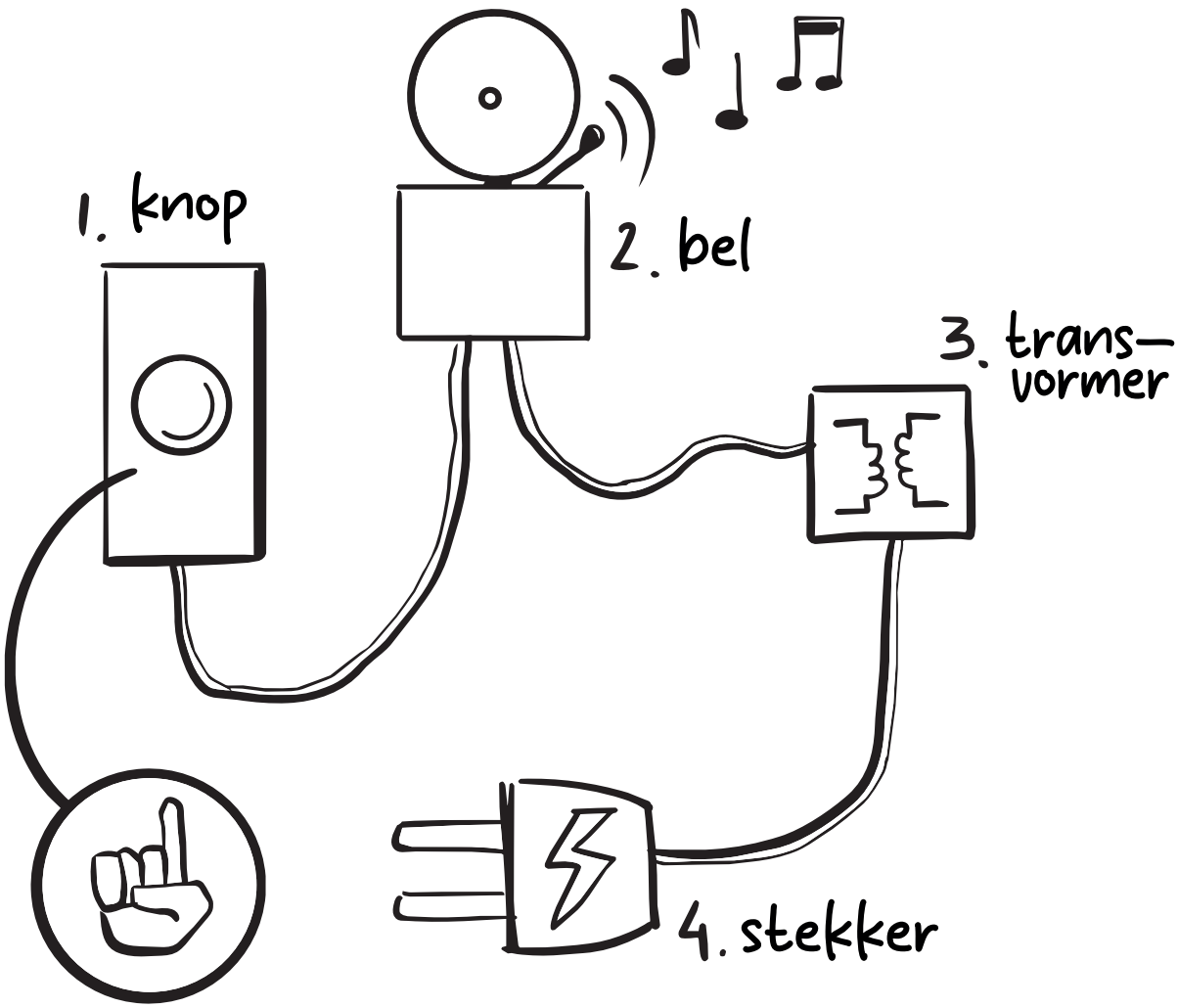
Overdrijf een beetje.

Maak emoties en acties extra duidelijk zichtbaar.



Bekijk voorbeelden.

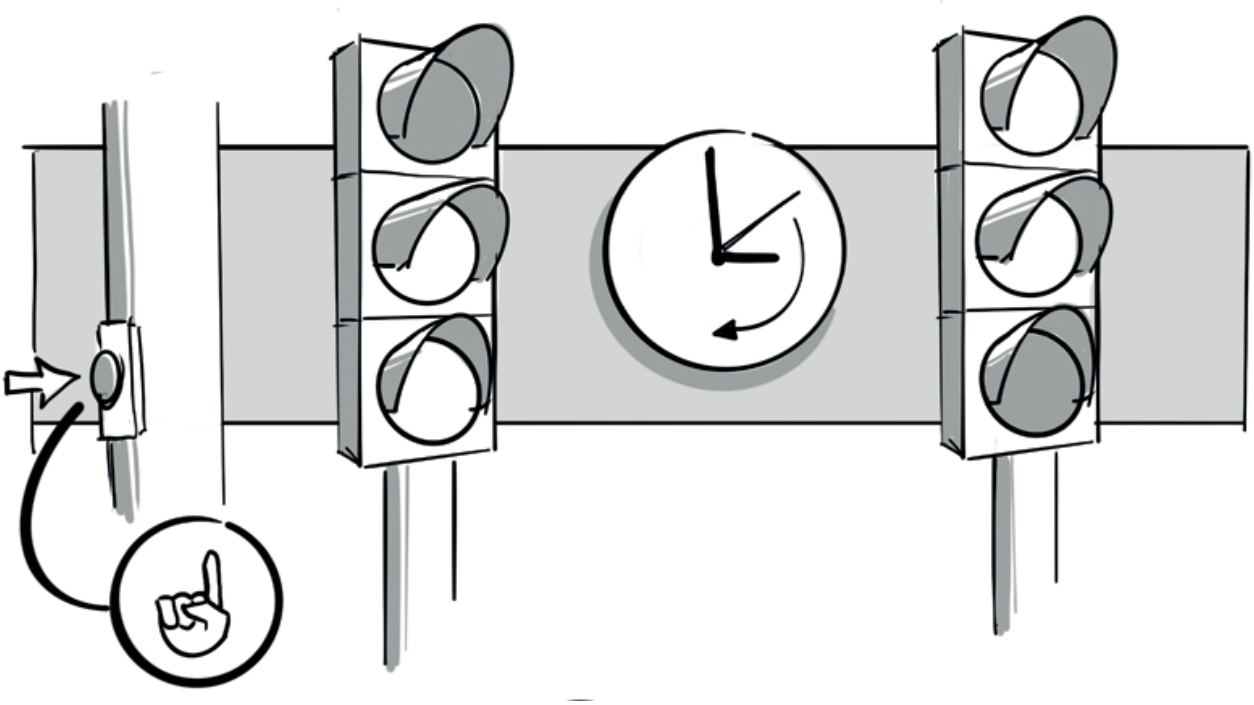
Zoek op internet naar voorbeelden van iconen en symbolen.



Combineer beeld en tekst.

Gebruik woorden als dat helpt om iets duidelijker te maken.

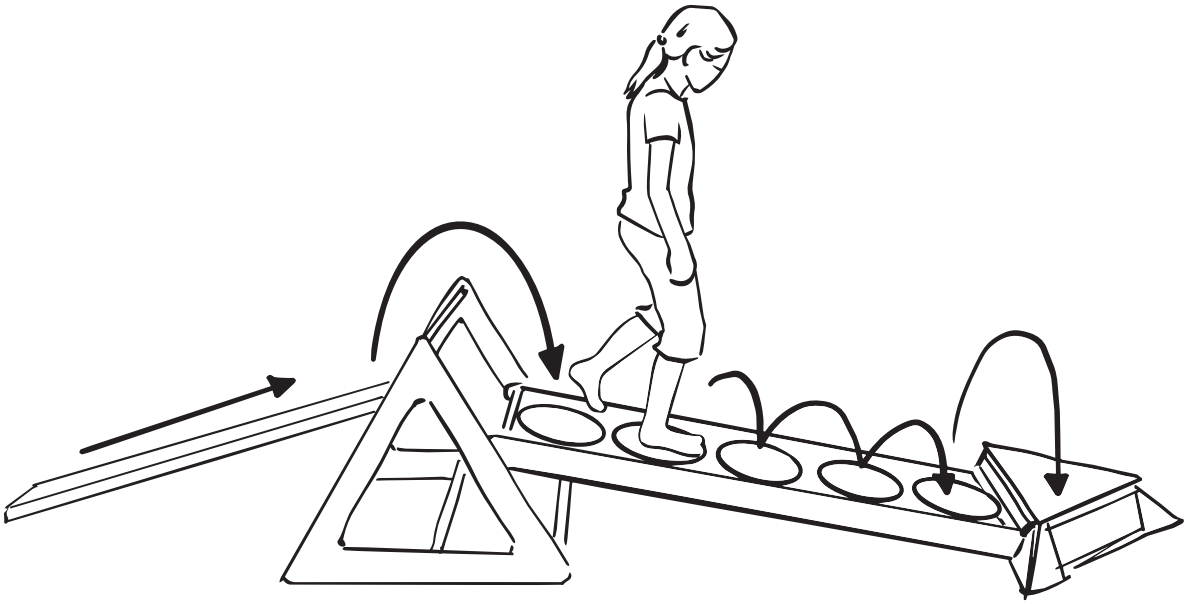
Studio Schels



Gebruik niet te veel symbolen.

Te veel symbolen maken je tekening onduidelijk.

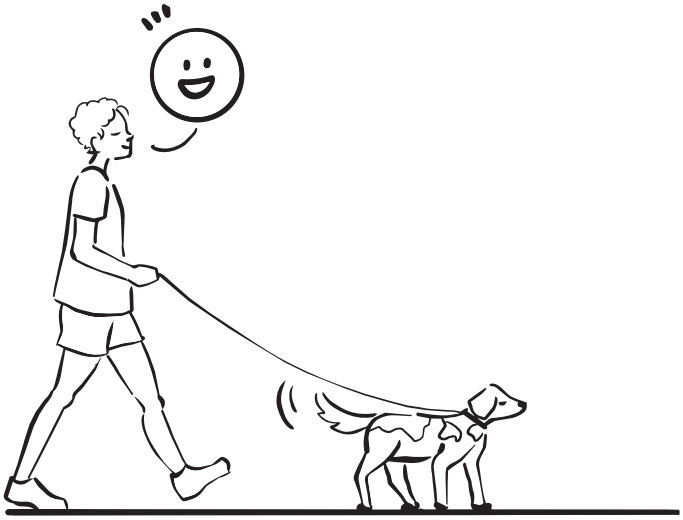
Studio Schels



Gebruik pijlen.

Laat relaties tussen verschillende onderdelen zien en laat beweging zien.

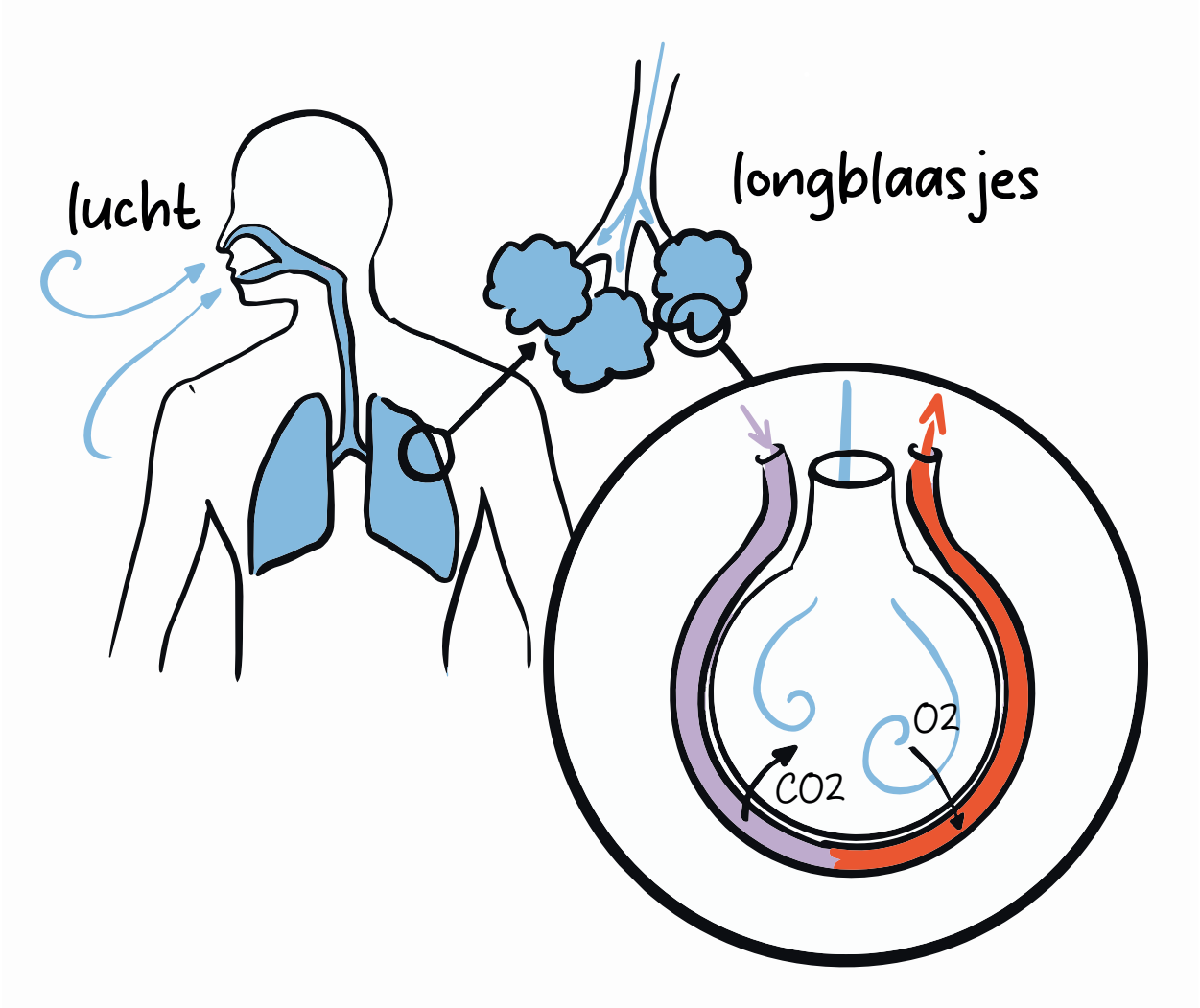
Studio Schels





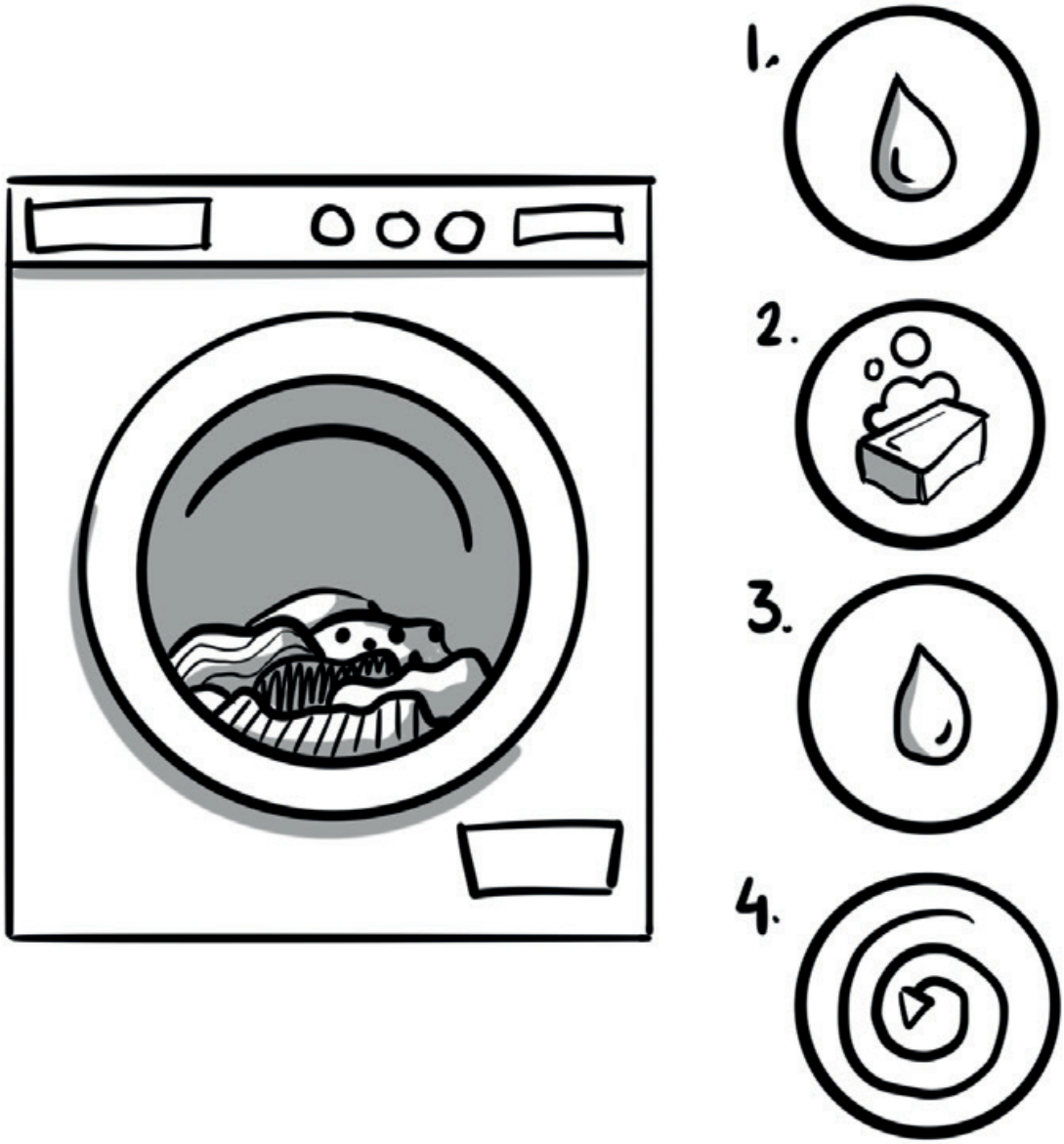
Maak gevoelens duidelijk.

Laat emoties zien met gezichtsuitdrukking of houding.



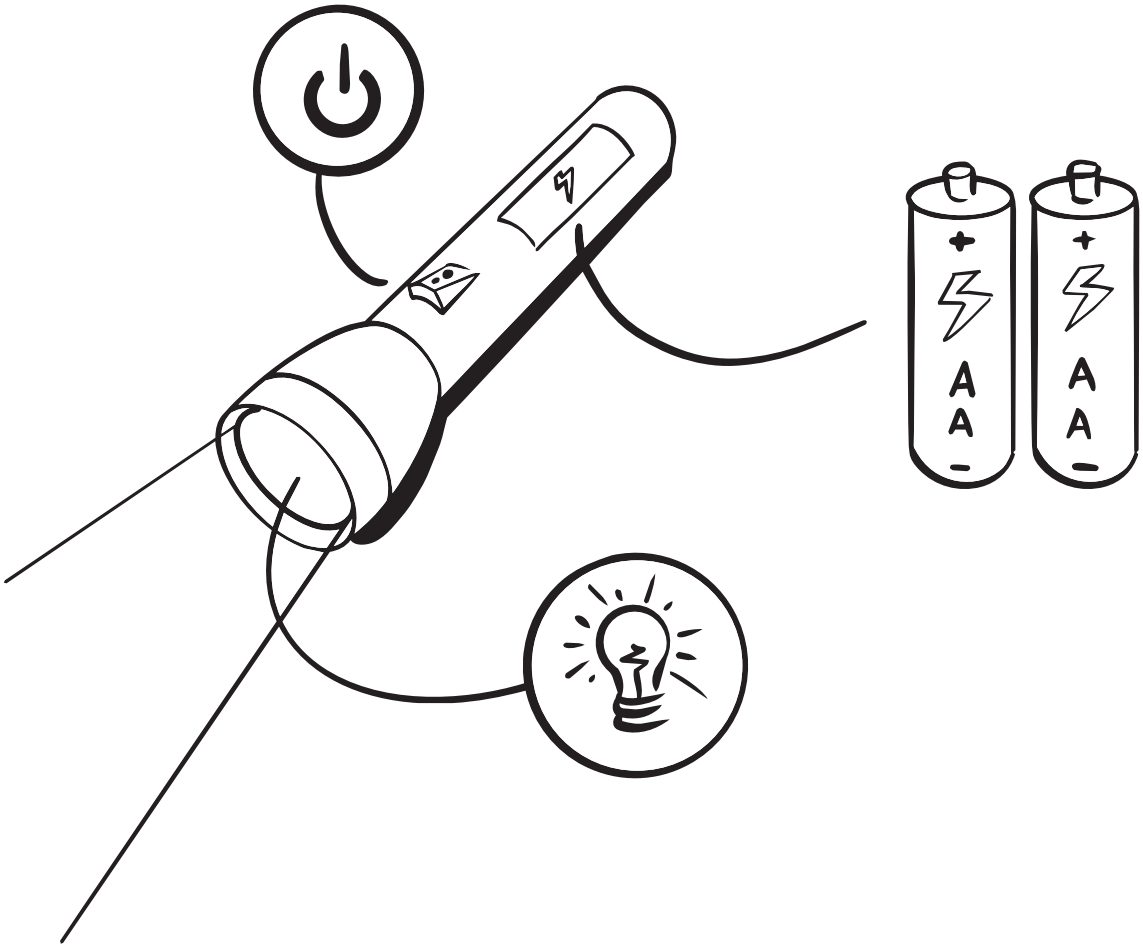
Dat valt op!

Zorg dat de belangrijkste onderdelen meteen zichtbaar zijn.



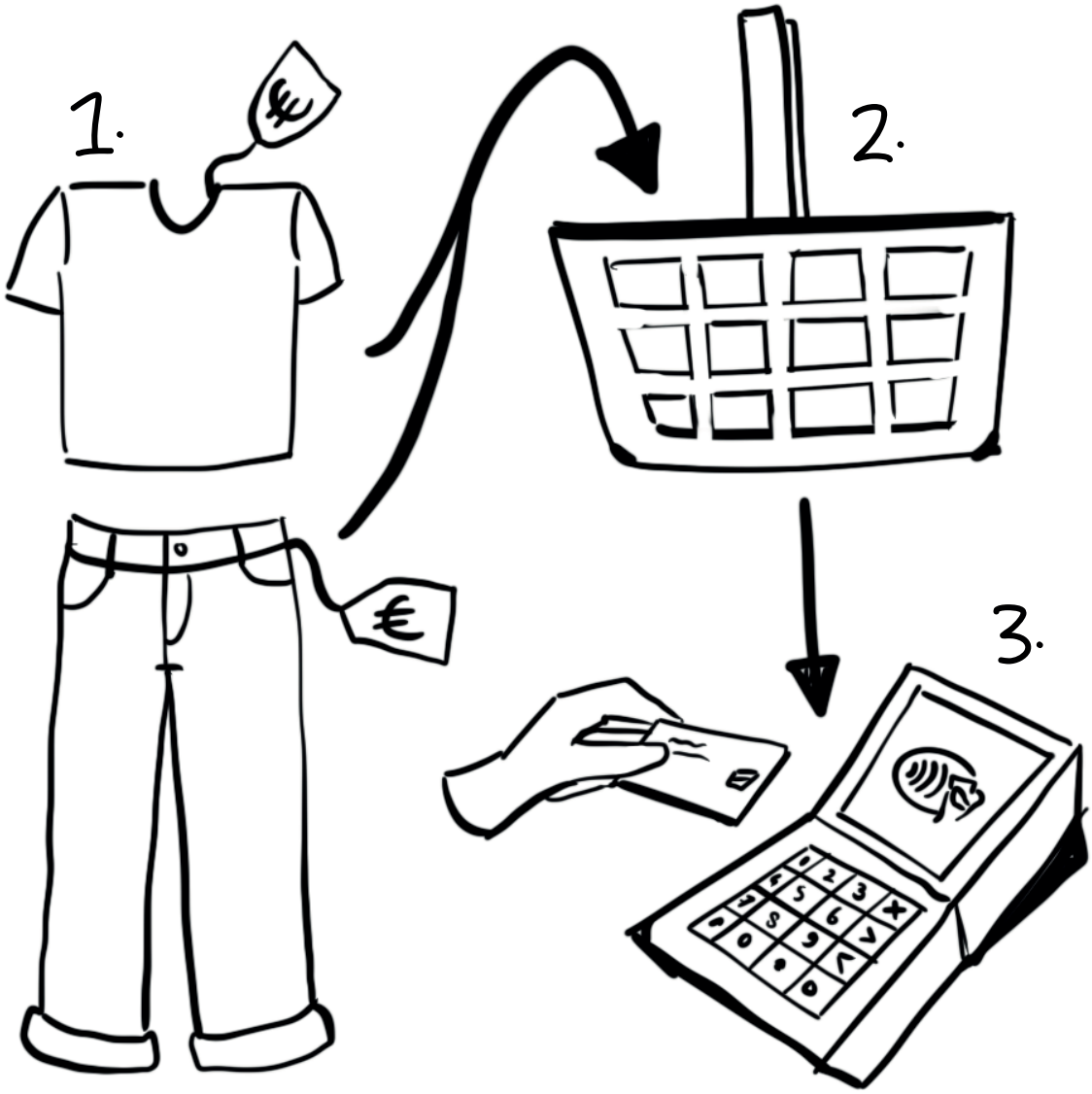
Wat moet iemand begrijpen?

Teken wat je wilt uitleggen, niet alleen wat je ziet.



Maak moeilijke dingen simpel.

Vervang ingewikkelde onderdelen door een duidelijk teken.

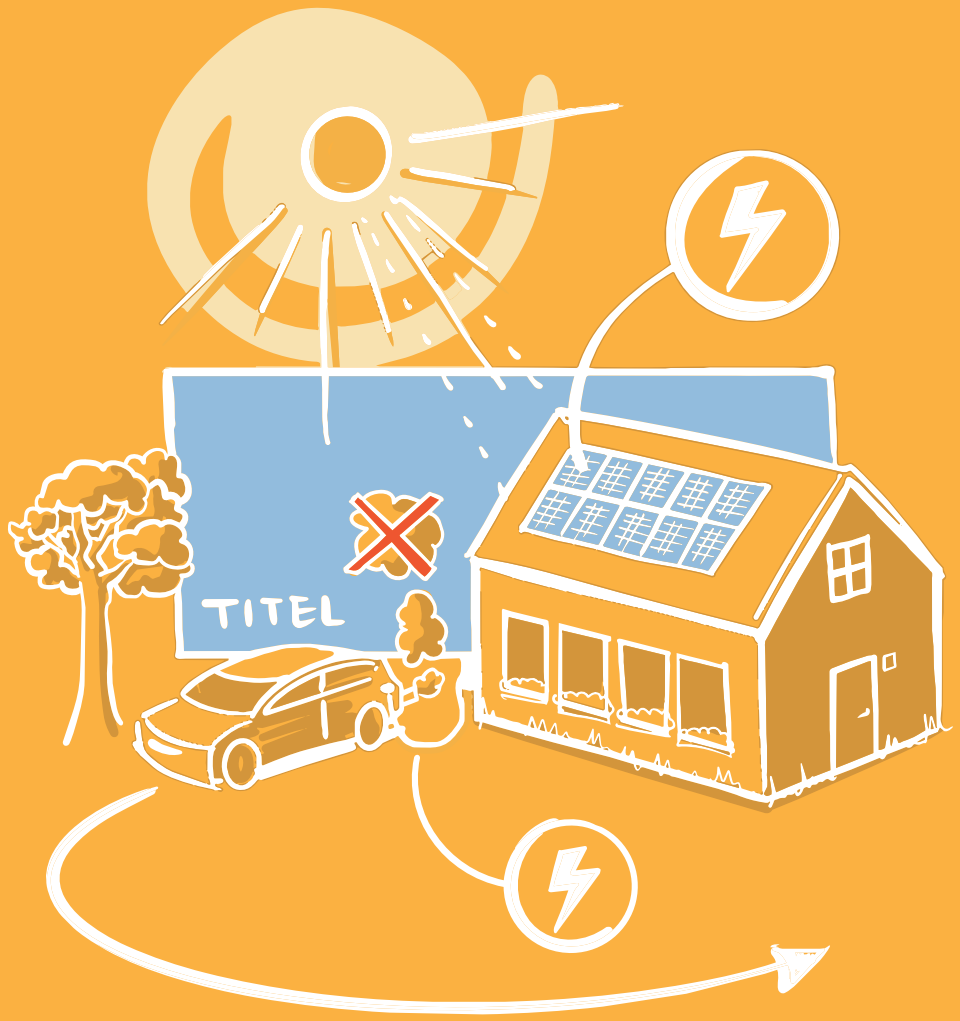


Houdt het overzichtelijk.

Laat alleen dingen staan die echt helpen bij het begrijpen van je tekening.

Voorbeelden en tips

Stap 5

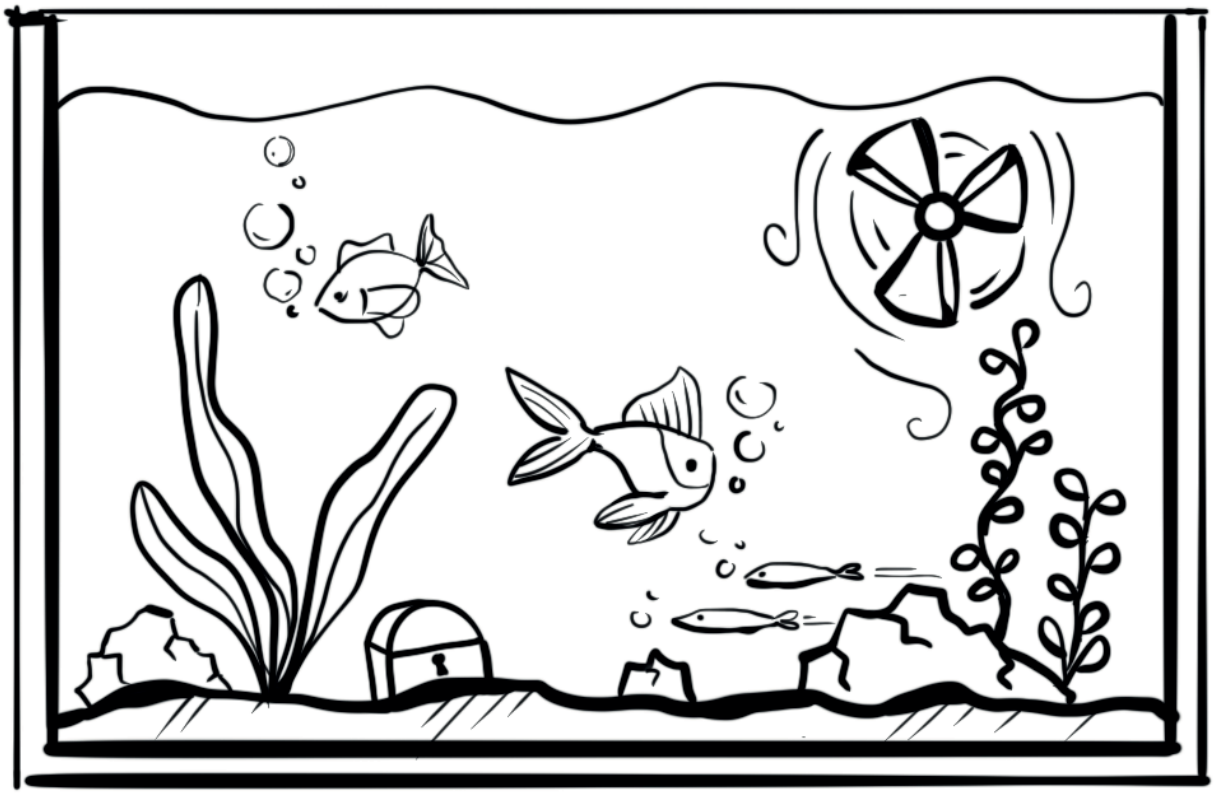


Voeg lijn, kleur en achtergrond toe

Gebruik lijn, kleur en achtergrond om belangrijke onderdelen extra op te laten vallen.

Studio Schels

Studio Schels

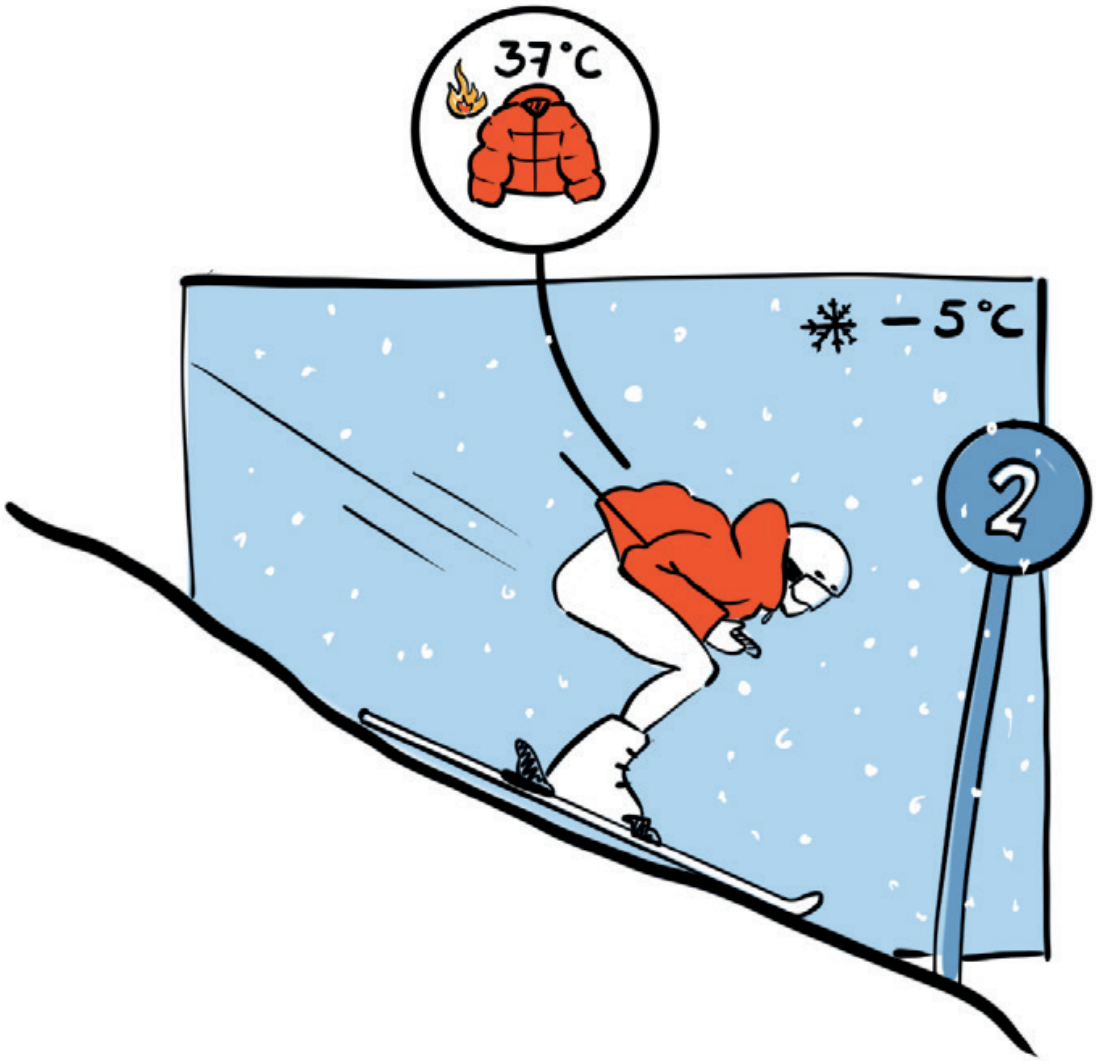


Verschillende lijndiktes.

Dikkere lijnen maken belangrijke dingen duidelijker.

1.

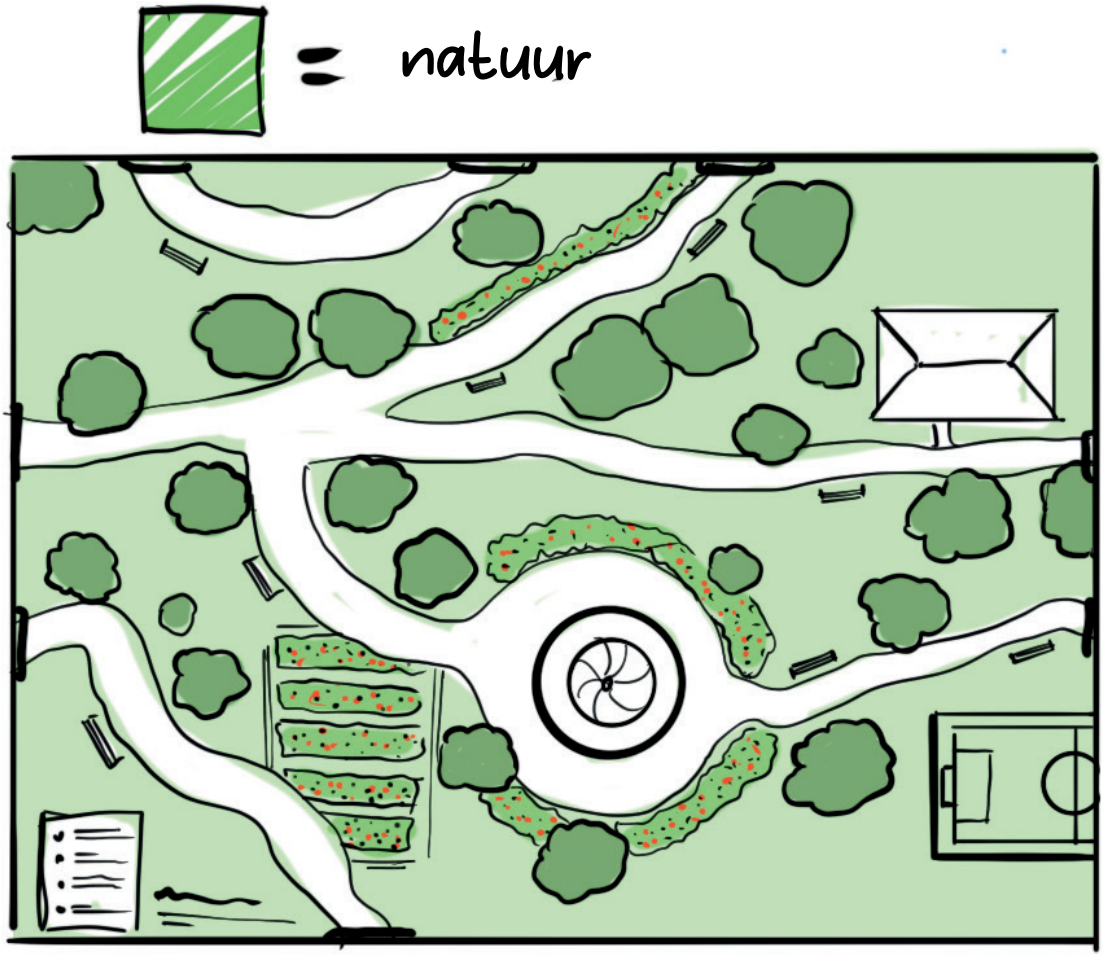
Studio Schels



Het belangrijkste valt op.

Geef de belangrijkste onderdelen meer aandacht door middel van kleur, lijn en achtergrond.

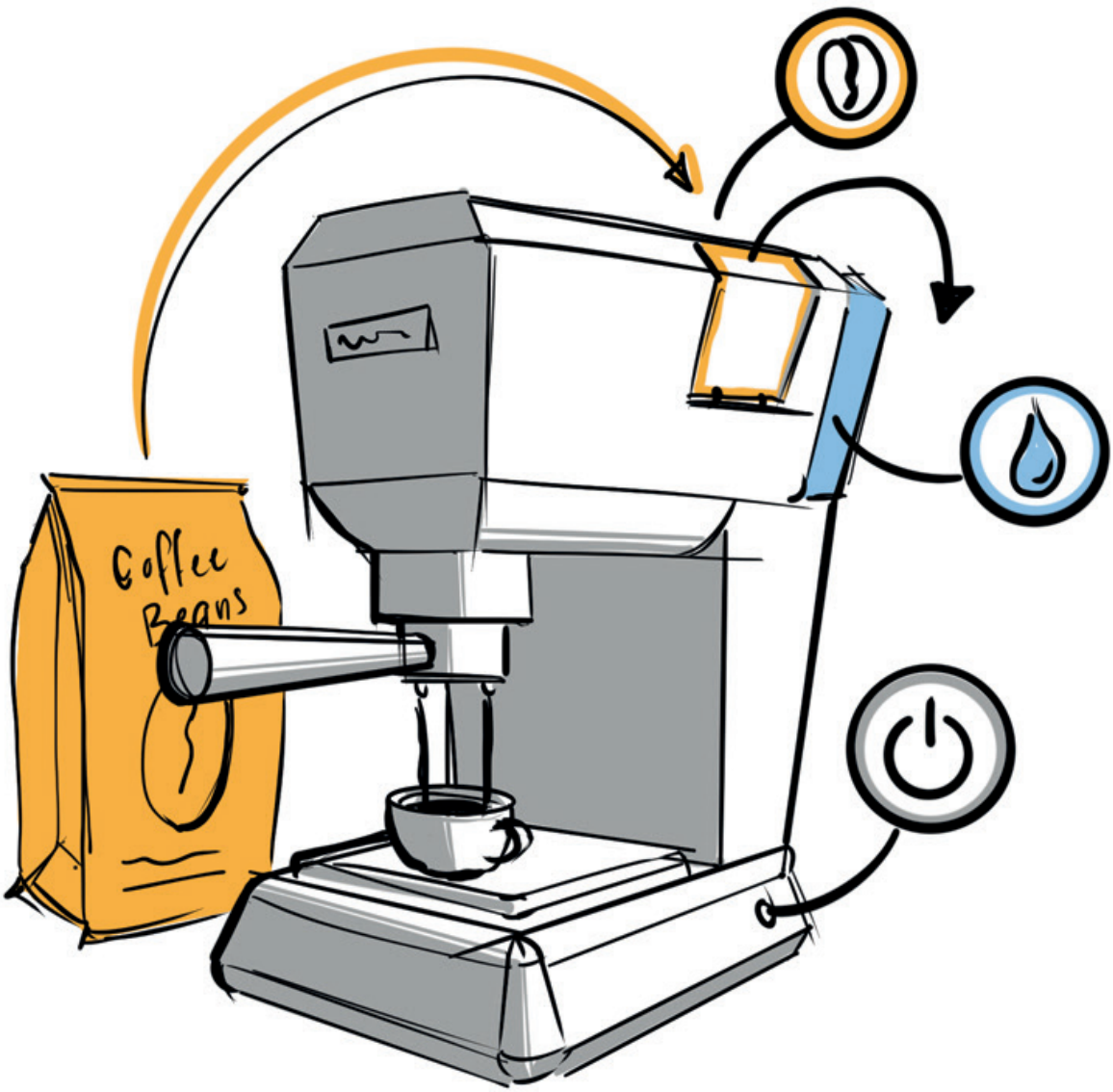
Studio Schels



Gebruik kleur met een doel.

Kleur helpt om dingen te onderscheiden, niet om zomaar te versieren.

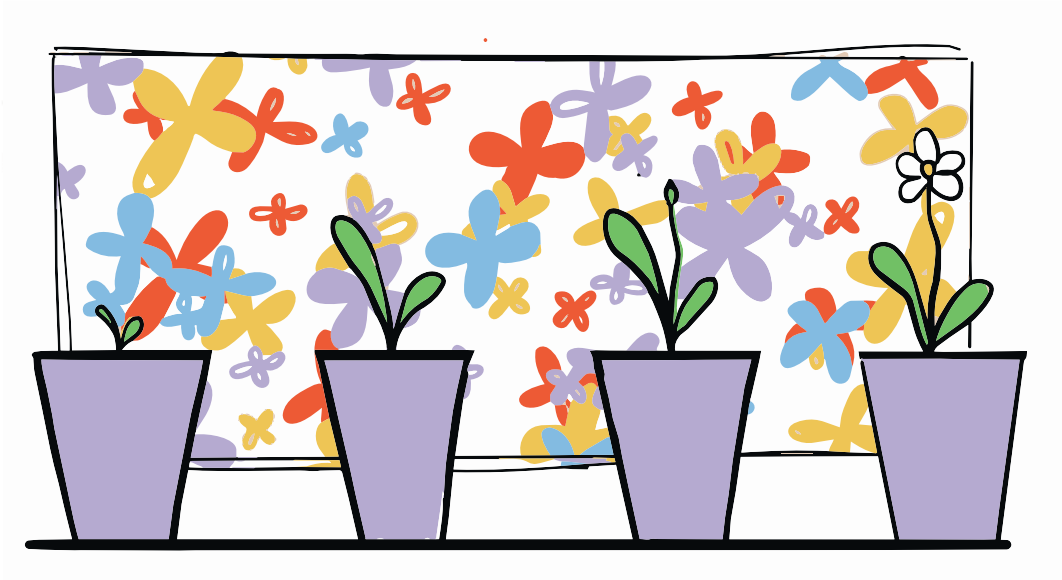
Studio Schels

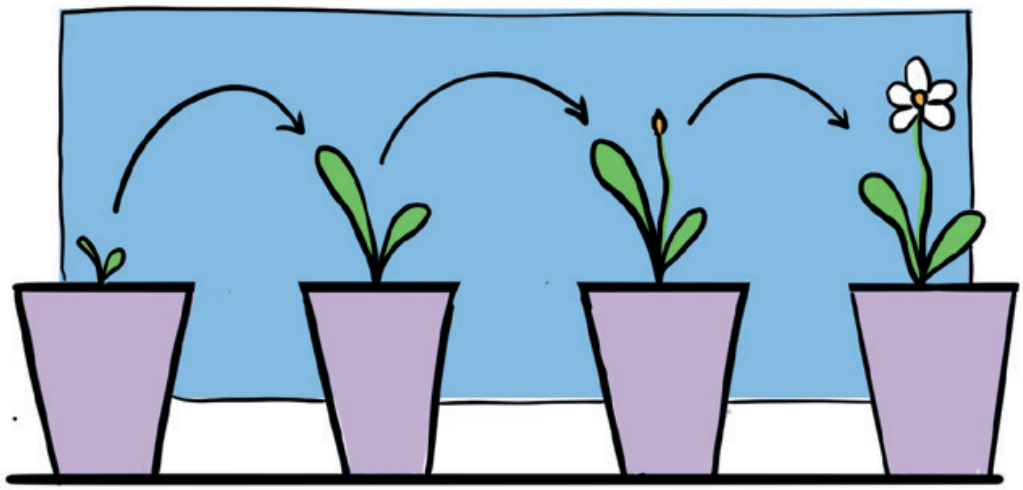


Een beperkt kleurenpalet.

Gebruik niet te veel kleuren tegelijk, 2 tot 4 kleuren is vaak al genoeg!

Studio Schels

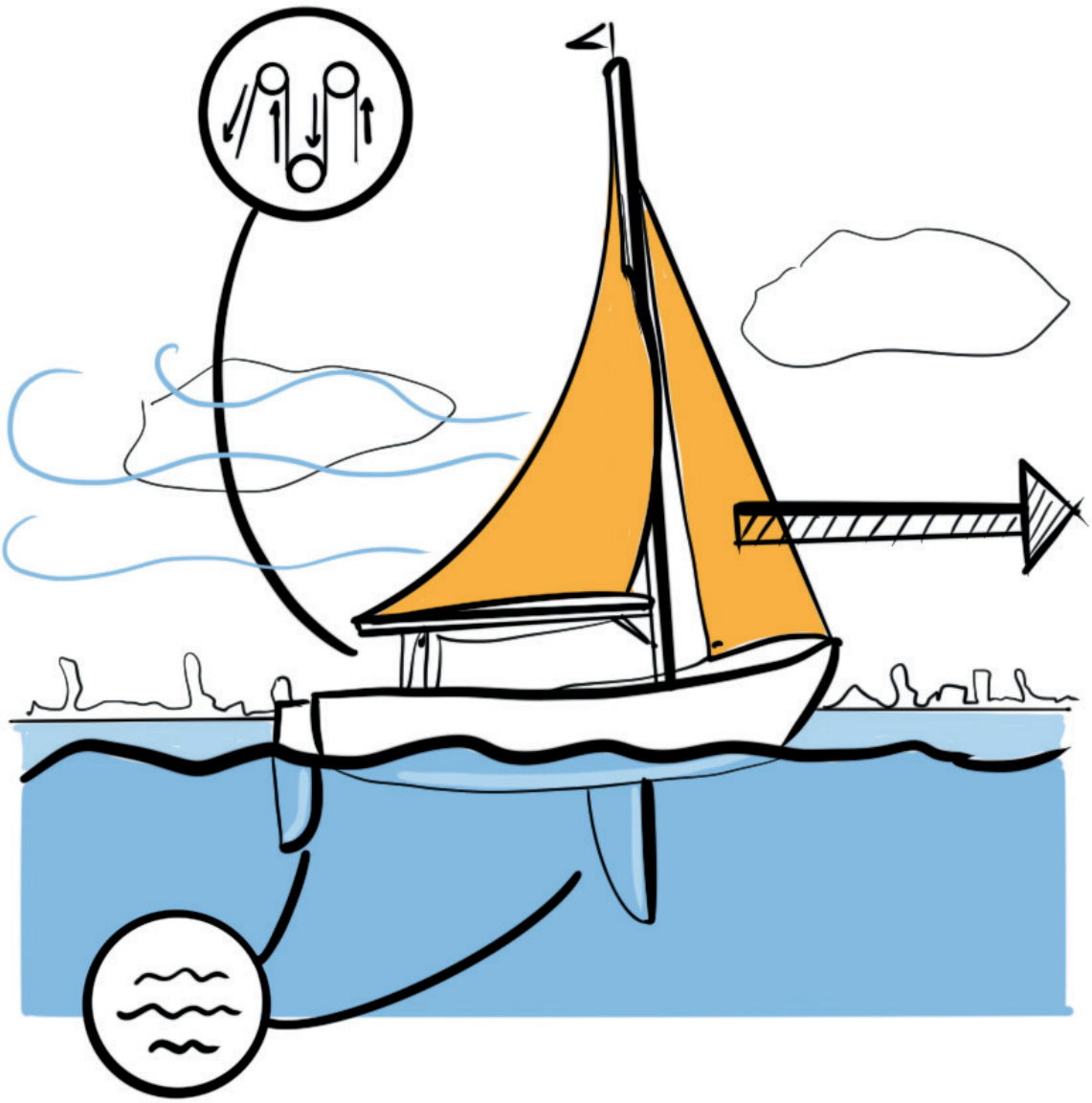




Maak een rustige achtergrond.

Zorg dat de achtergrond je tekening niet afleidt.

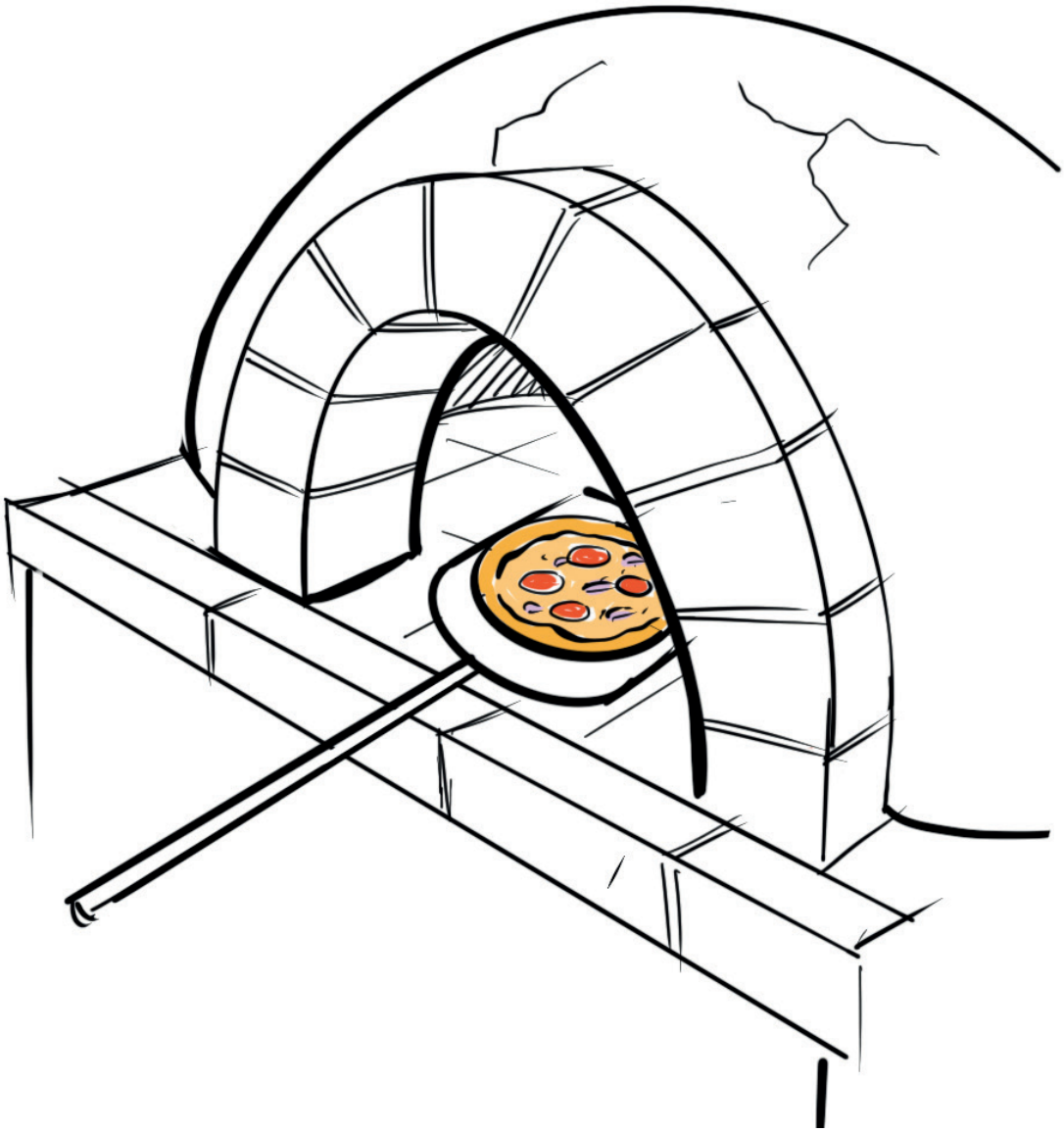
Studio Schels



Zorg voor contrast.

Maak gebruik van licht en donker én van groot/klein voor extra nadruk

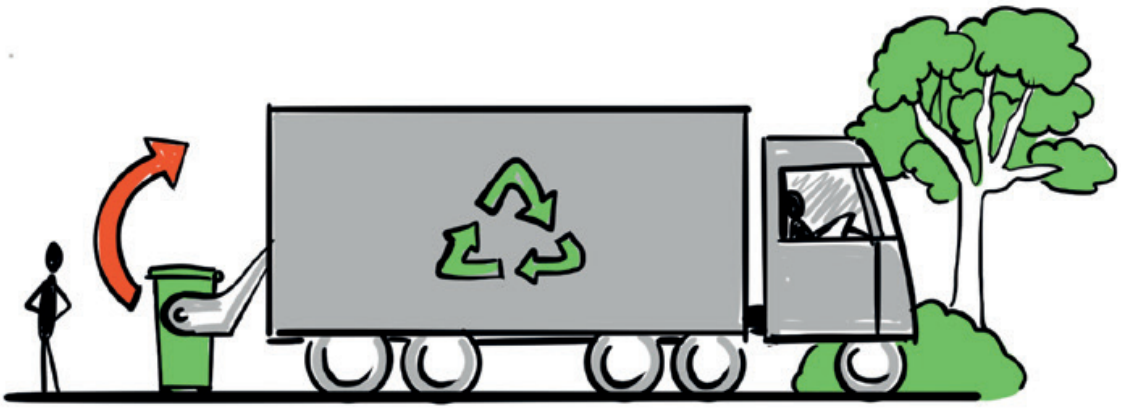
Studio Schels



Wat wil je laten zien?

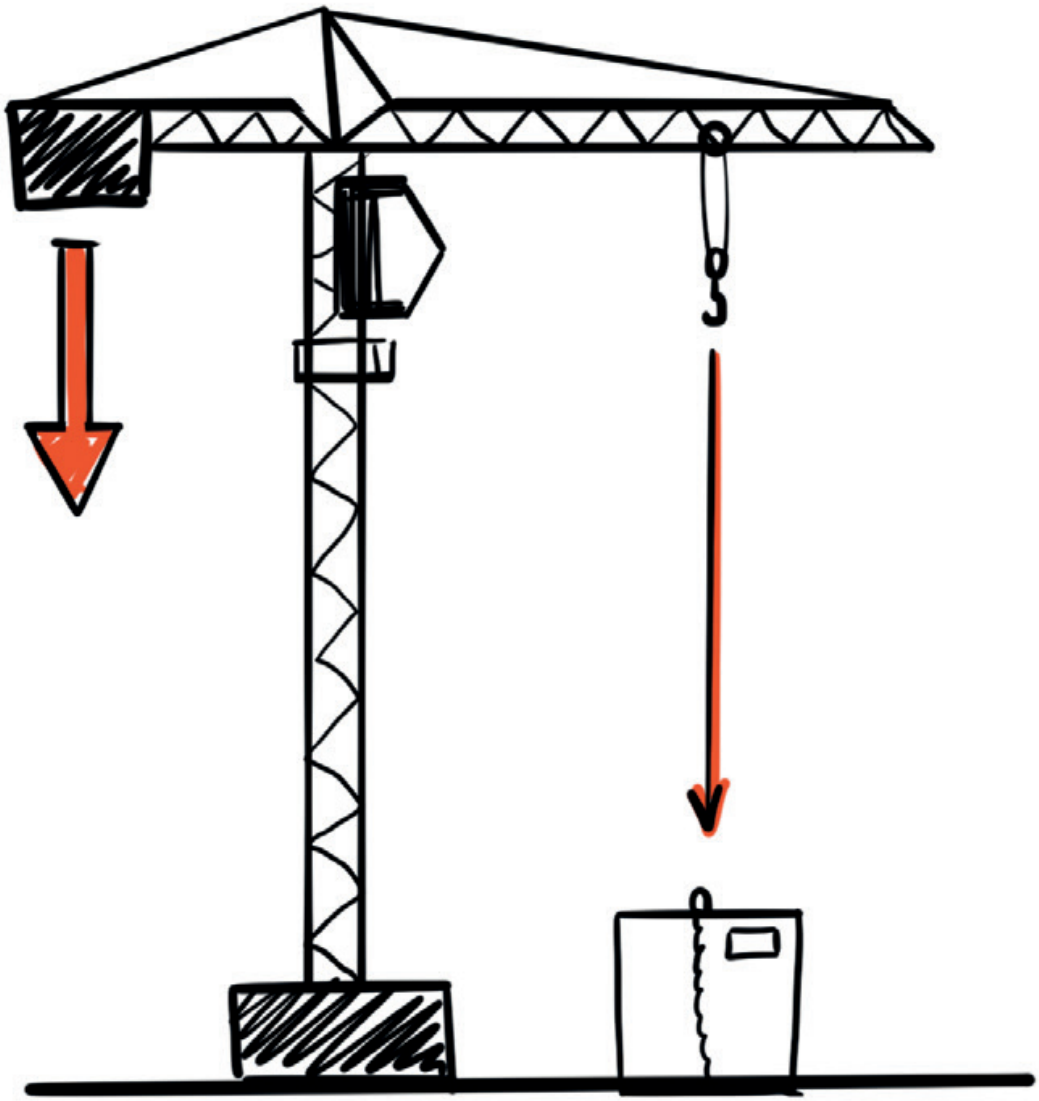
Gebruik kleur en lijnen om dat extra duidelijk te maken.

Studio Schels



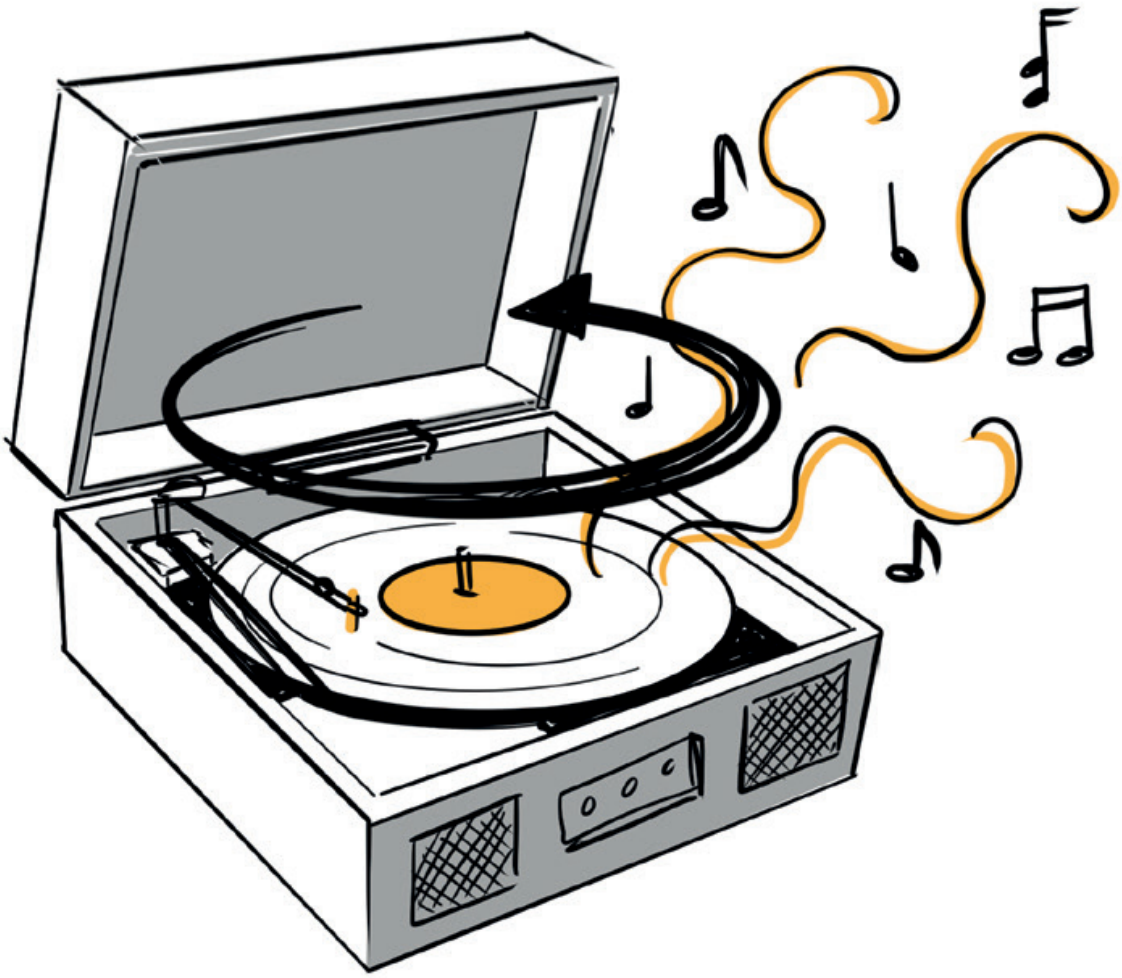
Maak structuur zichtbaar.

Gebruik kleur of lijn om groepen of onderdelen te ordenen.



Houd het overzichtelijk.

Voeg alleen kleur en details toe als ze iets verduidelijken.



Werk netjes af.

Zorg dat alles samen één duidelijk geheel wordt.
Bekijk je tekening van een aftand en controleer.

Start hier!

Gebruik Potlood tijdens het tekenen

De opdracht

Bedenk wat het moeilijkste onderdeel van je project is: iets dat je lastig vindt om aan anderen uit te leggen met woorden. Dat kan je eigen ontwerp zijn, maar ook een systeem.

1. Maak een tekening die zonder woorden uitlegt wat je wilt vertellen.
2. Gebruik de 5 stappen op de zijkant van deze doos.
3. Loop je vast? Gebruik dan de kaarten in de doos voor tips en voorbeelden.

Succes!

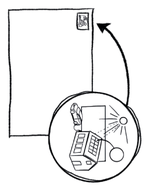
Studio Schels

Studio Schels

Stap 1

Maak een schetsplan

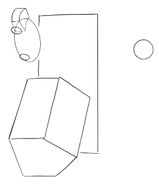
Maak een kleine, snelle schets in de hoek van je blad om vooraf te bedenken hoe je tekening eruit komt te zien.



Stap 2

Teken de basisvormen

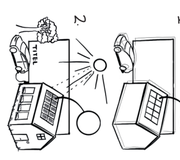
Teken eerst de eenvoudige vormen lichtjes op, zodat je de plek en grootte van alles goed kunt bepalen. Probeer groot te werken.



Stap 3

Werk van groot naar klein

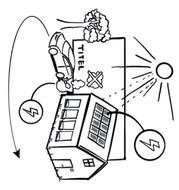
Werk eerst de grote vormen uit en voeg daarna steeds meer kleine details toe.



Stap 4

Maak je verhaal duidelijk

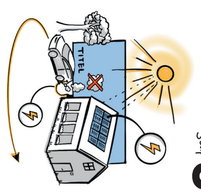
Gebruik eenvoudige symbolen en tekens om te laten zien wat er gebeurt en wat belangrijke of moeilijke onderdelen betekenen.



Stap 5

Voeg lijn, kleur en achtergrond toe

Gebruik lijn, kleur en achtergrond om belangrijke onderdelen extra op te laten vallen.



Studio Schels

Communicatief tekenen in 5 stappen!

Doel van Studio Schets

Tekenen is vaak maar een klein onderdeel van O&O en techniek, terwijl het juist heel belangrijk is. Met tekeningen kun je je ideeën duidelijk maken, verbeteren en verder uitwerken. Het helpt je om na te denken over je ontwerp en je idee aan anderen uit te leggen. Studio Schets zorgt ervoor dat tekenen een vaste plek heeft in het ontwerpproces.



Meer dan 50 tips en voorbeelden!

Communicatief tekenen

Communicatief tekenen is tekenen met als doel om een boodschap, idee of informatie zo duidelijk mogelijk over te brengen aan anderen. Je gebruikt daarbij eenvoudige en begrijpelijke vormen zodat iedereen snel kan zien wat je bedoelt.

Tijd	Ontworpen voor	Geschikt voor
20 minuten	O&O lessen	ieder niveau!

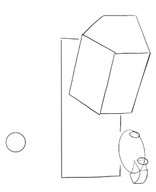
Geschreven en ontworpen door Guusje Bruin in samenwerking met het wetenschapsknooppunt TU Delft en de Design Drawing sectie van Industrial Design Engineering.

Studio Schels

Stap 5

Maak een schetsplan

Maak een kleine, snelle schets in de hoek van je blad om vooraf te bedenken hoe je tekening eruit komt te zien.



Stap 2

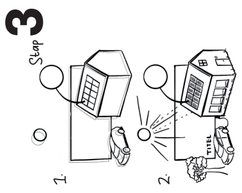
Teken de basisvormen

Teken eerst de eenvoudige vormen lichtjes op, zodat je de plek en grootte van alles goed kunt bepalen. Probeer groot te werken.

Stap 3

Werk van groot naar klein

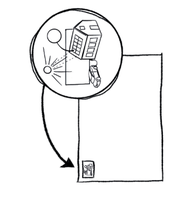
Werk eerst de grote vormen uit en voeg daarna steeds meer kleine details toe.



Stap 4

Maak je verhaal duidelijk

Gebruik eenvoudige symbolen en tekens om te laten zien wat er gebeurt en wat belangrijke of moeilijke onderdelen betekenen.



Stap 5

Voeg lijn, kleur en achtergrond toe

Gebruik lijn, kleur en achtergrond om belangrijke onderdelen extra op te laten vallen.

Studio Schels

Succes!

1 Maak een tekening die zonder woorden uitlegt wat je wilt vertellen.

2 Gebruik de 5 stappen op de zijkant van deze doos.

3 Loop je vast? Gebruik dan de kaarten in de doos voor tips en voorbeelden.

De opdracht

Bedenk wat het moeilijkste onderdeel van je project is: iets dat je lastig vindt om aan anderen uit te leggen met woorden. Dat kan je eigen ontwerp zijn, maar ook een systeem.

Start hier!

Gebruik Potlood tijdens het tekenen

Stap 5
Voorbeelenden en Tips

Stap 4
Voorbeelenden en Tips

Stap 3
Voorbeelenden en Tips

Stap 2
Voorbeelenden en Tips

Stap 1
Voorbeelenden en Tips