

Propositional knowledge for conceptual understanding of statistics.

Citation for published version (APA):

Leppink, J. (2012). *Propositional knowledge for conceptual understanding of statistics*. Boekenplan.

Document status and date:

Published: 01/01/2012

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

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

[Link to publication](#)

General rights

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

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

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

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

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

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

**Propositional knowledge for
conceptual understanding of statistics**

This research was carried out at



In the School of Health Professions Education



© Jimmie Leppink, Maastricht 2012

Production: Boekenplan | Maastricht
ISBN 978 90 8666 254 8



English summary

Six empirical studies centered around one main research question: can the method of propositional manipulation (MPM) help students build conceptual understanding of statistics? In each study, MPM was compared and contrasted with one or more alternative instructional formats. The first three studies focused on the student as individual learner, the last three studies focused on group learning rather than individual learning. **Chapter 1** presents the theoretical framework for this thesis as well as an overview of the distinct research questions covered by **Chapters 2-7**. **Chapter 2** explores the main factors affecting a student's ability to learn from performing MPM learning tasks, by having twenty undergraduate psychology students perform six MPM learning tasks while thinking aloud. The results indicate that whether students learn from MPM depends on their statistics proficiency level, the subject matter, the number of propositions in the learning task, and the instructions. MPM learning tasks should be tailored to the students' level of expertise and students should be instructed more than once to integrate all propositions in the learning task into their arguments. **Chapters 3-7** present the findings of a total of five randomized controlled experiments. **Chapter 3** presents the findings of a randomized controlled experiment in which two self-explanation conditions – one guided and one unguided – and a reading (control) condition were compared to examine the effect of guiding self-explanation on cognitive load, propositional knowledge, and conceptual understanding of statistics. The results indicate that students self-explaining the subject matter when studying experience a lower cognitive load during exam situations. Moreover, guiding students into self-explanation appears to enhance conceptual understanding more than unguided self-explanation only for students who have already become aware of most of their misconceptions.

Chapter 4 presents the findings of a randomized controlled experiment on the effects of four instructional methods on cognitive load, propositional knowledge, and conceptual understanding of statistics, for low prior knowledge and for high prior knowledge students. The instructional methods were a reading-only control condition, answering open-ended questions, answering open-ended questions and formulating arguments, and studying worked-out examples of the type of arguments students in the third group had to formulate themselves. The results indicate that high prior knowledge students develop more propositional knowledge of statistics than low prior knowledge students. With regard to conceptual understanding, the results indicate an expertise reversal effect: low prior knowledge students profit most from worked-out examples, while high prior knowledge students profit most from formulating arguments. Thus, novice students should be guided into the subject matter by means of worked-out examples. As soon as students have developed more knowledge of the subject matter, they should be provided with learning tasks that stimulate students to solve problems by formulating arguments.

Chapter 5 presents the findings of a randomized controlled experiment on the effects on different teaching and learning methods for statistics for two levels of prior knowledge on cognitive load, propositional knowledge, and conceptual understanding of statistics. Teaching methods were whether or not to provide students with propositional information and learning strategies were self-explaining the learning material and explaining in pairs. The results indicate that prior knowledge facilitates propositional knowledge development and leads to differential effects of teaching and learning methods on conceptual understanding: only low prior knowledge

students profit from additional information in the learning task and/or explaining in pairs. An implication of these findings is that low prior knowledge students should be guided into the subject matter by means of working in pairs on learning tasks that comprise additional information. Once students have developed more knowledge of the subject matter, they should be stimulated to work individually on learning tasks that do not comprise additional information.

Chapter 6 presents the findings of a randomized controlled experiment on the potential effects of MPM as a lecturing method on motivation to learn and conceptual understanding of statistics. MPM aims to help students develop conceptual understanding by guiding them into self-explanation at two different stages. First, at the stage of propositions (statements referring to single statistical concepts and ideas), and subsequently, at the stage of more complex problems that comprise a set of relevant propositions. A total of 71 bachelor students in psychology who were preparing for the re-sit of their inferential statistics exam participated in one of two possible lectures. Topic, content, lecturer, and duration of both lectures were the same, and in both lectures five true/false hypotheses were presented. Students in the first lecture (control group) discussed interactively the truth or falsity of each hypothesis. In the second lecture (MPM group), this interactive discussion was structured by presenting a number of short open-ended questions along with each hypothesis. Conceptual understanding was measured by means of a twelve items multiple choice test. Further, the intrinsic motivation inventory (IMI) was administered to examine motivation to learn. The results indicate that MPM does not lead to enhanced motivation to learn but can facilitate conceptual understanding development among students.

Chapter 7 presents the findings of a randomized controlled experiment on the effects of problem-based learning (PBL) and a guided form of PBL (GPBL), for different prior knowledge levels, on motivation to learn and conceptual understanding of statistics. Contrary to classical PBL, in GPBL, the learning goals are not a product of a student group discussion; they are determined by the instructor beforehand, based on a detailed decomposition of the subject matter. These learning goals can then be used by the GPBL group to activate prior knowledge and to structure self-study and subsequent group discussion. The participating students were allocated randomly to either standard PBL or GPBL. The results indicate that, on average, GPBL tends to enhance conceptual understanding of statistics more than PBL once students have some prior knowledge of the subject. Further, GPBL tends to raise students' awareness of the value and usefulness of learning statistics. If PBL groups are preceded by lectures in which the subject matter is introduced – and in which students' prior knowledge of the subject can be enhanced – an implication of this study for the teaching practice is that, for the statistics knowledge domain, instructors should consider a more guided form of PBL rather than classical PBL.

Chapter 8 provides a strategy for teaching and learning statistics in a real course. Instead of lobbying for differential education for students from different prior knowledge groups, the key is to decrease instructional guidance as students' prior knowledge increases. Every topic should be introduced in an interactive lecture in which MPM learning tasks are presented and/or discussed, to then have students study (worked-out examples of) MPM learning tasks in (GPBL) groups and, subsequently, individually. In the interactive lecture and GPBL discussions, knowledgeable students can enhance their knowledge networks by explaining to their less knowledgeable peers who then have opportunities to fill important knowledge gaps. The latter can start enhancing their knowledge networks in a later stage of the course.

Nederlandse samenvatting

Zes empirische studies werden uitgevoerd rondom de hoofdvraag of de methode van propositionele manipulatie (MPM) studenten kan helpen bij het ontwikkelen van conceptueel begrip van de statistiek. In iedere studie werd MPM vergeleken met een of meerdere alternatieve instructiemethoden. De eerste drie studies richtten zich op de individuele student, terwijl de laatste drie studies meer op groepsleren gericht waren. In **hoofdstuk 1** wordt het theoretisch kader voor deze dissertatie uiteengezet, alsmede een overzicht van de verschillende onderzoeksvragen die in de **hoofdstukken 2-7** aan bod komen. In **hoofdstuk 2** wordt gerapporteerd over een studie naar factoren die van invloed zijn op het vermogen van een student om MPM-leertaken uit te voeren. Twintig bachelorstudenten in de psychologie voerden hardop denkend een zestal MPM-leertaken uit. De resultaten laten zien dat voorkennisniveau, studiestof, de instructies en het aantal proposities in een MPM-leertaak van invloed zijn op de mate waarin een student de leertaak kan uitvoeren. Een belangrijke implicatie van de studie is dat MPM leertaken toegesneden op het voorkennisniveau van studenten optimaal effect hebben. Bovendien dient de instructie aan studenten om alle proposities in de leertaak te integreren te worden herhaald. In **hoofdstukken 3-7** worden de bevindingen van een vijftal gerandomiseerde experimenten gepresenteerd. In **hoofdstuk 3** wordt een gerandomiseerd experiment gepresenteerd waarin drie condities – alleen lezen, ongestuurde zelfverklaring en gestuurde zelfverklaring – werden vergeleken in termen van cognitieve belasting, propositiekennis en conceptueel begrip van de statistiek. Studenten die tijdens de studiefase aan zelfverklaring doen minder cognitieve belasting ervaren tijdens een examen. Bovendien lijkt voor de studenten die al in een vroeg stadium bewust zijn van belangrijke misconcepties gestuurde zelfverklaring meer bij te dragen aan conceptueel begrip dan ongestuurde zelfverklaring.

In het gerandomiseerd experiment beschreven in **hoofdstuk 4** werden de effecten van vier instructiemethoden vergeleken in termen van cognitieve belasting, propositiekennis en conceptueel begrip, voor studenten met relatief veel voorkennis en studenten met relatief weinig voorkennis. De instructiemethoden waren: alleen lezen (controlegroep), het beantwoorden van open vragen, het beantwoorden van open vragen gevolgd door het formuleren van argumenten en het bestuderen van uitgewerkte voorbeelden van het type argumenten dat studenten in de derde conditie zelf moesten formuleren. De resultaten wijzen uit dat studenten met relatief veel voorkennis meer propositiekennis ontwikkelen dan studenten met relatief weinig voorkennis. Met betrekking tot conceptueel begrip werd een zogeheten *expertise reversal effect* aangetoond: studenten die relatief weinig voorkennis hebben profiteren het meest van uitgewerkte voorbeelden, terwijl studenten die relatief veel voorkennis hebben het meest profiteren van het zelf formuleren van argumenten. Men dient novieten aan de hand van uitgewerkte voorbeelden met de stof bekend te maken. Zodra studenten voldoende kennis van de studiestof hebben, kunnen zij worden gestimuleerd tot het uitvoeren van leertaken waarin het formuleren van argumenten centraal staat.

In de studie gepresenteerd in **hoofdstuk 5** werden de effecten van twee instructiemethoden en twee studiemethoden voor de statistiek onderzocht in termen van cognitieve belasting, propositiekennis en conceptueel begrip, voor studenten met relatief veel voorkennis en studenten met relatief weinig voorkennis. De instructiemethoden waren het uitvoeren van MPM-

leertaken en het uitvoeren van dergelijke leertaken waarvan een deel al was uitgewerkt. De studiemethoden waren het individueel werken en het werken in paren van studenten. Meer voorkennis samengaat met meer propositiekennis na de studiefase en alleen de studenten met relatief weinig voorkennis profiteren van uitwerkingen in leertaken en/of van het werken in paren. Studenten met weinig voorkennis hebben dus sturing nodig in de zin dat zij aan gedeeltelijk uitgewerkte leertaken werken in plaats van aan geheel zelf uit te voeren leertaken en dat daarnaast samenwerking met een medestudent bevorderlijk kan zijn voor de ontwikkeling van conceptueel begrip onder deze studenten. Zodra studenten meer kennis van de studiestof hebben, kunnen zij worden gestimuleerd om individueel aan leertaken te werken en zo ook aan leertaken die geen uitwerkingen bevatten.

In **hoofdstuk 6** worden de bevindingen van een gerandomiseerd experiment gepresenteerd over de mogelijke effecten van MPM als collegemethode op leermotivatie en conceptueel begrip van de statistiek onder studenten. MPM poogt studenten te helpen bij de ontwikkeling van conceptueel begrip door hen te sturen in zelfverklaring op twee verschillende niveaus, allereerst op het niveau van proposities (stellingen die verwijzen naar statistische concepten en ideeën) en vervolgens op het niveau van meer complexe problemen waarin meerdere proposities samenkomen. In totaal 71 bachelorstudenten in de psychologie die bezig waren met de voorbereidingen voor een herkansing namen deel aan het experiment. Via het lot werden zij toegewezen aan een van beide colleges. Onderwerp, inhoud, collegegever en duur waren voor beide colleges hetzelfde en in beide colleges werden vijf juist/onjuist stellingen gepresenteerd. Studenten in het ene college (controlegroep) discussieerden interactief over de juistheid dan wel onjuistheid van iedere stelling. In het andere college (MPM-groep) werd over dezelfde stellingen gediscussieerd, met als enige verschil dat nu iedere stelling samen met een aantal open vragen werd gepresenteerd. Conceptueel begrip werd gemeten aan de hand van twaalf meerkeuzevragen en leermotivatie werd gemeten aan de hand van de zogeheten *intrinsic motivation inventory* (IMI). The resultaten laten zien dat MPM niet bijdraagt aan meer leermotivatie maar wel een gunstig effect op de ontwikkeling van conceptueel begrip kan hebben.

In **hoofdstuk 7** gaat het om een gerandomiseerd experiment waarin probleem gestuurd onderwijs (PGO) en een meer gestuurde variant daarvan (GPGO) werden vergeleken in termen van leermotivatie en conceptueel begrip van de statistiek, voor studenten met meer voorkennis en studenten met minder voorkennis. In tegenstelling tot klassiek PGO zijn de leerdoelen in GPGO niet het product van groepsdiscussie onder studenten; zij zijn voorgeprogrammeerd door de docent(en) en dat voorprogrammeren is gebaseerd op een gedetailleerde ontleding van de studiestof. Deze leerdoelen kunnen dan door de GPGO groep worden gebruikt om voorkennis te activeren en om zelfstudie en daaropvolgende groepsdiscussie te structureren. De studenten die aan het experiment deelnamen werden via het lot toegewezen aan PGO dan wel GPGO. De resultaten laten zien dat, gemiddeld genomen, GPGO meer bijdraagt aan conceptueel begrip van de statistiek dan PGO zodra studenten enige voorkennis van de studiestof hebben. Bovendien lijkt GPGO een positief effect te hebben op de mate waarin studenten de waarde van het leren van statistiek inzien. Indien PGO groepen worden voorafgegaan door colleges waarin de studiestof wordt geïntroduceerd – en waarin studenten al enige voorkennis kunnen activeren – lijkt GPGO meer geschikt als instructiemethode voor het statistiekonderwijs dan klassiek PGO.

In **hoofdstuk 8** wordt een strategie voor de onderwijspraktijk gepresenteerd. Differentieel onderwijs voor studenten met weinig en veel voorkennis is niet noodzakelijk; de sleutel is afnemende sturing in instructie naarmate studenten meer (voor)kennis ontwikkelen. Ieder onderwerp dient te worden geïntroduceerd in een interactief college waarin MPM-leertaken worden gepresenteerd en/of bediscussieerd en vervolgens kunnen studenten aan (uitgewerkte voorbeelden van) MPM-leertaken in (GPGO) groepen werken. En individueel werken aan dergelijke leertaken is dan weer de volgende stap. Tijdens interactieve colleges en tijdens GPGO discussies kunnen studenten die voldoende voorkennis hebben hun kennis en begrip verbeteren door uitleg te geven aan hun medestudenten die minder voorkennis hebben. Laatstgenoemden worden zo in de gelegenheid gesteld belangrijke gaten in hun kennis en begrip weg te werken en langzaam, net als de aanvankelijk meer kennis hebbende medestudenten, meer kennis en begrip te ontwikkelen.