

De rol van kennis in fysiotherapeutische diagnostiek : psychometrische en cognitief-psychologische studies

Citation for published version (APA):

Ronteltap, C. F. M. (1990). *De rol van kennis in fysiotherapeutische diagnostiek : psychometrische en cognitief-psychologische studies*. Rijksuniversiteit Limburg. <https://doi.org/10.26481/dis.19900921cr>

Document status and date:

Published: 01/01/1990

DOI:

[10.26481/dis.19900921cr](https://doi.org/10.26481/dis.19900921cr)

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.

SAMENVATTING

In dit proefschrift worden de resultaten van vier deelstudies gerapporteerd over de rol van domeinspecifieke kennis in de vaardigheid in het oplossen van problemen. Het praktijkveld dat werd onderzocht is de fysiotherapeutische diagnostiek. Het onderzoek werd uitgevoerd in het fysiotherapie-onderwijs. Studenten in een beroepsopleiding moeten een grote hoeveelheid kennis tot zich nemen. Het leerproces strekt zich daarbij uit over jaren. In de opleiding tot fysiotherapeut wordt in het algemeen twee en half jaar besteed aan de basisvorming ter voorbereiding op een stageperiode van een half jaar. Het vierde jaar in de opleiding tot fysiotherapeut wordt besteed aan verdere verdieping en afronding van het leerproces waarna men beginnend beroepsbeoefenaar is. Het gehele opleidingstraject staat dus in het licht van de voorbereiding op de intrede in de praktijk van zelfstandige beroepsuitoefening. Een algemeen gehanteerd principe in de inrichting van het beroepsvoorbereidend onderwijs is de beroepsuitoefening te analyseren in een conglomeraat van vaardigheden die hun weerslag vinden in het totale curriculum.

In **Hoofdstuk 1**, de inleiding op de afzonderlijke studies, wordt een drietal vaardigheidsgebieden onderscheiden in de fysiotherapeutische beroepsuitoefening: cognitieve vaardigheden, technische vaardigheden en sociale vaardigheden. Het onderzoek van een patiënt ter voorbereiding op de behandeling doet een beroep op alle genoemde vaardigheden maar, gelet op de invalshoek van het hier gerapporteerde onderzoek naar de rol van kennis, worden hier uitsluitend de cognitieve vaardigheden nader geanalyseerd. Observaties van de medische beroepsuitoefening resulteerden in een beschrijving van de volgende fasen in het diagnostisch proces: 1. Informatie-waarneming, 2. Hypothesevorming, 3. Informatie-verwerving, 4. Probleem-formulering en 5. Diagnostische beslissing. Dit model van het medisch diagnostisch proces werd ook gebruikt in onderzoek naar de fysiotherapeutische diagnostiek. Daarin werd gevonden dat, met betrekking tot het diagnostisch proces, de medische en fysiotherapeutische beroepsuitoefening in hoge mate vergelijkbaar zijn. Aangezien het medisch probleemoplossen een lange onderzoekstraditie heeft en de fysiotherapeutische diagnostiek in veel mindere mate onderzocht is, zeker vanuit onderwijskundige vraagstellingen, kan in de verantwoording van de opzet van de afzonderlijke studies aansluiting worden gezocht met relevante studies in het medische domein. In het diagnostiseren wordt kennis gebruikt van een tweetal typen: 1. Metho-

dische kennis (kennis over de wijze waarop het diagnostisch proces optimaal verloopt) en 2. Inhoudelijke kennis. Het is naar verwachting met name de inhoudelijke kennis (kennis over ziekten/aandoeningen en onderliggende pathofysiologische processen) die een rol speelt in de accuraatheid van de diagnostiek. Vanuit verschillende invalshoeken werden onderzoeken besproken die deze stellingname ondersteunen. In de eerste plaats werd in het medisch onderwijs vastgesteld dat gedurende de opleiding de studenten steeds beter gaan diagnostiseren terwijl daarentegen de structuur van het diagnostisch proces tijdens de studie niet fundamenteel verandert. Ook beginnende studenten onderzoeken een patiënt vanuit één of meerdere hypothesen, echter de kwaliteit van de hypothesen neemt gedurende de opleiding toe. Omdat ook de omvang van inhoudelijke kennis toeneemt mag verondersteld worden dat de probleemoplosvaardigheid overwegend kan worden verklaard uit de beheersing van inhoudelijke kennis. In de tweede plaats werd een onderzoek besproken waarin ervaren artsen verschillende casus kregen gepresenteerd waarbij hun prestaties in de verschillende casus werden vergeleken. Het bleek nu dat probleemoplossend gedrag van dezelfde personen in sterke mate variabel is. Variabelen onder andere als tijdsduur, hoeveelheid waargenomen informatie en efficiency kenden lage correlaties tussen de verschillende metingen. Ook hier werd vermoed dat de beheersing van (sub)domeinspecifieke kennis een sterke rol speelt in de diagnostische vaardigheid. De derde invalshoek van waaruit de kennisafhankelijkheid van probleemoplossen wordt geponoerd is de analyse van gemaakte fouten in het diagnostisch proces. Twee typen fouten werden onderscheiden: 1. de formulering van een verkeerde hypothese en 2. foutieve evaluatie van gegevens tijdens het diagnostisch proces. In beide gevallen kan er sprake zijn van onvoldoende precisie in de kennis met betrekking tot de ziekte die gediagnostiseerd had moeten worden.

In Hoofdstuk 2 wordt een studie gerapporteerd naar de sterkte van het verband tussen de beheersing van inhoudelijke kennis en probleemoplosvaardigheid. Voor de meting van de probleemoplosvaardigheid werden casus gebruikt waarbij in een boekje een zo compleet mogelijke beschrijving werd gegeven van de informatie die gebruikt kon worden in de formulering van een diagnose. Daarnaast werd op basis van de inhoud van de casus een toets samengesteld die alle specifieke kennis bevat die relevant is voor de diagnose. De instrumenten bestrijken dus hetzelfde inhoudelijke domein. De hypothese die getoetst wordt is de volgende: "Tussen de scores van kennistoetsen en probleemoplostoetsen met inhoudelijke verwantschap bestaat een sterker verband dan tussen de scores van probleemoplostoetsen onderling". De proefpersonen, derdejaars studenten fysiotherapie, kregen twee casus gepresenteerd en twee daarvan afgeleide kennistoetsen. Een lage correlatie

tussen de diagnose-scores van beide casus werd verwacht, en ook gevonden, op basis van de veronderstelling dat niet de beheersing van methodische kennis maar de beheersing van inhoudelijke kennis een sterke rol speelt in de diagnostiek. Er was echter geen sprake van een hogere correlatie tussen kennis-scores en diagnose-scores. In beide gevallen was het verband tussen kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid nagenoeg even sterk als tussen beide metingen van de probleemoplosvaardigheid. Kortom, in de eerste studie werd een zwak verband gevonden tussen de mate van kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid. Omdat de metingen in deze studie een globaal karakter hadden - er werd een verband gezocht tussen meetresultaten op schaalniveau - werd een tweede studie uitgevoerd waarin de specificiteit van de metingen en analyses werden verhoogd.

In **Hoofdstuk 3** wordt een studie gerapporteerd waarin opnieuw het verband werd onderzocht tussen kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid. Door de gepresenteerde problemen te beperken in omvang en complexiteit kon het verband tussen kennis en probleemoplossen worden berekend op item-niveau. Op basis van de veronderstelling dat de aanwezigheid van relevante kennis in overwegende mate bepalend is voor de mate van succes in het oplossen van een probleem werden drie, onderling samenhangende, hypothesen getoetst: Bij afwezigheid van kennis is de kans hoog dat een probleem fout wordt opgelost. Bij aanwezigheid van kennis is de kans hoog dat een probleem goed wordt opgelost. Bovendien werd een hoge correlatie verwacht tussen het antwoordgedrag op een kennisitem en het antwoordgedrag op een probleemitem. Voor de meting van probleemoplossen werd een toets samengesteld met een verzameling beknopte problemen. Op basis van deze probleemoplostoets werd een kennistoets samengesteld waarbij elk probleemitem inhoudelijk correspondeerde met enkele kennis-items. Ook in deze studie werden lage correlaties gevonden tussen kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid. De gedetailleerde vergelijking van de aan- of afwezigheid van kennis met de toepassing daarvan had als resultaat dat beide kansverwachtingen rondom de toevalswaarde varieerden waarbij de gemiddelde kans op een foute probleemoplossing bij afwezigheid van kennis in lichte mate hoger was dan de gemiddelde kans op een goede probleemoplossing bij aanwezigheid van kennis. In de literatuur werden soortgelijke resultaten gevonden waarbij het zwakke verband tussen kennis en probleemoplossen werd verklaard uit het achterwege blijven van kennisactivatie tijdens het denkproces. De conclusie die hieruit werd getrokken is dat de activatie van kennis een mogelijk intermediaire rol heeft gespeeld in de bepaling van het verband tussen kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid.

Hoofdstuk 4 is het verslag van een experiment waarin getracht werd het verband tussen kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid te versterken. Indien kennis niet wordt geactiveerd in het probleemoplossingsproces zullen de concepten ook geen deel uitmaken van de probleemrepresentatie die de grondslag vormt van de probleemoplossing. Omdat kennis blijkbaar wel aanwezig kan zijn in het geheugen maar daarentegen niet wordt gebruikt zou het mogelijk moeten zijn, zo is het uitgangspunt van het experiment, om het verband tussen kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid te verhogen door proefpersonen hulp te bieden in de vorming van de probleemrepresentatie. De wijze waarop deze hulp werd geboden is de aanreiking van een analogie. De experimentele groep proefpersonen bestudeerde een tweetal casusbeschrijvingen waarin een analoog principe was verwerkt. Dit principe betrof het onderscheid dat gemaakt moest worden in de criterium-casus tussen chronische en acute symptomen en het oorzakelijk verband tussen beide groepen symptomen. De controle-groep kreeg deze informatie niet. In de tekst van de criteriumcasus werd de experimentele groep erop gewezen de eerder bestudeerde analogie te gebruiken. Voor de rest was de opzet van deze studie gelijk aan de opzet van de twee voorgaande studies. Ook nu werd de casus geanalyseerd op de onderliggende specifieke kennis die gebruikt moest worden in de diagnostiek. De aanwezigheid van deze kennis werd gemeten in een afzonderlijke kennistoets die voor beide groepen gelijk was. Ook de resultaten van deze metingen werden op gelijke wijze geanalyseerd als in beide voorgaande studies. Opnieuw werden correlaties berekend tussen kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid waarbij nu de resultaten van controle-groep en experimentele groep met elkaar werden vergeleken. Uit deze vergelijking bleek dat de experimenteel beoogde kennisactivatie niet tot stand was gekomen. Ook in deze studie werden lage correlaties gevonden tussen kennisbeheersing en probleemoplosvaardigheid. Dit betekent dat, ondanks de hulp van een analogie, de proefpersonen uit de experimentele groep de aangeboden probleem informatie niet beter interpreteerden in het kader van reeds aanwezige kennis in het geheugen. De analogie was erop gericht de probleem informatie zodanig te structureren dat aansluiting kon worden gevonden met bruikbare kennis in het geheugen. Uit het feit dat deze aansluiting niet tot stand kwam werd de veronderstelling afgeleid dat de langs experimentele weg gesuggereerde probleemstructurering in onvoldoende mate aansloot bij de individuele kennisstructuren van de probleemoplossers.

Hoofdstuk 5 bevat het verslag van een gedetailleerde studie naar het verband tussen kwalitatieve kenmerken van kennis en probleemoplosvaardigheid. In de vierde studie werden eerst de probleemrepresentaties van negen proefpersonen bij vier probleemtaken geanalyseerd. Nagegaan werd

in hoeverre er relaties bestonden tussen kenmerken van die probleemrepresentaties en de daarbij behorende goede of foute oplossingen. Verondersteld werd dat de samenhang tussen kennis en probleemoplossen tot uitdrukking zou moeten komen in de aard van de resulterende representatie. Er werden duidelijke verschillen in probleemrepresentaties gevonden bij goede en foute oplossingen. Bij een goede oplossing bevatte de probleemrepresentatie meer diagnostisch relevante informatie. Naast de verschillende probleemrepresentaties werd daarom kennis, waarvan verondersteld werd dat ze geactiveerd was tijdens het oplossen van de problemen, onderworpen aan een contrast-analyse ten aanzien van een aantal kwalitatieve kenmerken. De gegevens waarop deze analyse werd uitgevoerd werden verkregen via een free recall-opdracht om alle kennis die men zich met betrekking tot de te diagnostiseren aandoeningen wist te herinneren, te reproduceren. De kwalitatieve kenmerken waarop deze kennisprotocollen werden onderzocht waren: de relevantie van de gereproduceerde concepten in het licht van de diagnose, de conceptuele structuur van de gereproduceerde kennis en de mate van proceduralisatie van de gereproduceerde kennis. De kennisprotocollen behorende bij goede diagnoses bleken vergelijkenderwijs in sterkere mate deze kenmerken te bezitten. Goede diagnoses gingen gepaard met meer geïntegreerde kennis. De analysemethoden die in de vierde studie werden toegepast werden ontleend aan studies binnen het zogenaamde expert-noviet paradigma. Dat paradigma wordt gebruikt bij onderzoek naar de ontwikkeling van kennis gedurende een lang leerproces, over jaren. Vanwege de lange duur van zo'n leerproces worden groepen proefpersonen onderzocht die heterogeen zijn met betrekking tot hun niveau van ontwikkeling. In de vierde studie werd echter een homogene groep (derdejaars studenten) onderzocht. Uit het feit dat, net als in veel onderzoek naar verschillen tussen experts en novieten, verbanden werden gevonden tussen kwalitatieve kenmerken van kennis en probleemoplosvaardigheid, kan worden afgeleid dat de kennis van de verschillende proefpersonen, maar ook binnen de proefpersonen over de verschillende onderwerpen, in een verschillende ontwikkelingsfase verkeerde. Dit is de hoofdconclusie uit de resultaten van de vierde studie: de kennisafhankelijkheid van probleemoplossen wordt niet alleen bepaald door de mate van kennisbeheersing maar ook door de mate waarin kennis zich heeft ontwikkeld. Deze verschillen in ontwikkelingsfasen zijn zichtbaar in hoge mate subdomeingebonden aangezien in de laatste studie een verband werd gevonden tussen kennis en probleemoplossing: een student kan binnen het domein fysiotherapie kennis toepassen uit verschillende subdomeinen (bijvoorbeeld rugklachten, schouderklachten, etc.) die onderling kunnen verschillen in hun mate van ontwikkeling.

In Hoofdstuk 6 worden enkele conclusies getrokken voor de inrichting van het onderwijs dat gericht is op cognitieve vaardigheden. Voorbereidend hierop worden eerst de resultaten van de afzonderlijke studies integraal bediscussieerd binnen het begrippenkader van geheugentheoretisch laboratoriumonderzoek. Bovendien wordt een schets gegeven van de ontwikkeling die individuele kennis ondergaat gedurende een leerproces met lange tijdsduur. Vanuit de primaire verwerving in de basisvakken verandert de kennis onder invloed van ervaring met betrekking tot niveau en representatie. Daarbij wordt de kennis ge(her)structureerd rond ziekten en aandoeningen zoals deze in de praktijk worden gediagnostiseerd. In de inrichting van het onderwijsleerproces moet rekening worden gehouden met de ontwikkeling van kennis die per individu, maar ook binnen het individu per subdomein, kan verschillen. De aspecten van het onderwijsleerproces die in de afrondende conclusies belicht worden zijn: met betrekking tot de leerstof het onderwijs in cognitieve processen en het leren analyseren van problemen; met betrekking tot de onderwijsmethode het leren door praktijkervaringen, de interactie student-docent en de vormgeving van leermiddelen, waarbij met name aandacht wordt geschonken aan de mogelijkheden en beperkingen van computerondersteund onderwijs in cognitieve vaardigheden.

SUMMARY

This thesis reports the results of a project consisting of four studies investigating the role of domain specific knowledge in problem-solving. The domain of practice in problem-solving studied is diagnostics in physical therapy. The research project was performed in physical therapy education. Students in occupational education have to acquire a large amount of knowledge. The formal learning process ranges over four years. In physical therapy education two and a half years are spent on the introduction to basic knowledge in preparation of a probationary term of a half year. The fourth year of the curriculum is spent in further deepening and rounding off the formal learning period after which one becomes a beginning professional. The complete learning route can be looked upon as preparation for entrance to independent professional practice. A generally accepted principle in organizing such education is the analysis of professional practice into a conglomeration of specific skills each of which has an impact on the complete curriculum.

In Chapter 1, the introduction to the project's four studies, three domains of competence in the practice of physical therapy are identified: cognitive skills, technical skills and social skills. The examination of a patient before treatment applies to all three skill domains mentioned, but because of the practical need to restrict the research to the role of knowledge, exclusively cognitive skills are further analyzed.

Observations in medical practice resulted in a description of five stages in the diagnostic process: 1. Perception of information, 2. Generation of hypotheses, 3. Acquisition of further information, 4. Problem formulation and 5. Diagnostic decision. This model of the medical diagnostic process has also been used in studies of diagnostic skills in physical therapy. In this it appeared that, concerning the diagnostic process, professional activities in medicine and physical therapy are to a high degree uniform. Since medical problem-solving has a long research tradition and diagnostic skills in physical therapy have only been examined to a lesser degree, certainly in the context of educational questions, the research outcomes in the medical domain can be generally applied. In diagnostics knowledge use is made up of two categories: 1. Methodic knowledge (knowledge about the way the diagnostic process optimally proceeds) and 2. Substantial knowledge. It is anticipated that substantial knowledge in particular (knowledge about diseases and afflictions, their symptoms and underlying pathophysiological processes

ses) plays a prominent role in diagnostic accuracy. Studies were discussed from different viewpoints which support this expectation. It has been found that medical students during their course of training improve in diagnostic skills although the diagnostic process does not change fundamentally.

Even beginning students examine a patient with one of several hypotheses in mind; however, the quality of their hypotheses increases during training. Also since the amount of substantial knowledge increases, it might be hypothesized that problem-solving skills can be interpreted predominantly in terms of mastery of substantial knowledge. Second, a study was examined in which experienced physicians diagnosed several cases and their behavior across cases was compared. Results suggested that the problem-solving behavior of the same persons varies to a high degree. Variables such as time of generation of first hypothesis, percentage of cues acquired and efficiency correlated poorly with each other across the different observations. In this study it was supposed that mastery of (sub)domainspecific knowledge plays a dominant role in diagnostic competence.

The third point of view in which the knowledge dependency in problem-solving was hypothesized is in the analysis of errors in the diagnostic process. Two categories of errors were differentiated: 1. Generation of an incorrect hypothesis and 2. Inaccurate evaluation of cues in diagnostic process. Both categories could be the consequence of insufficient precision in the knowledge of the diseases which have to be diagnosed.

Chapter 2 is the report of a study on the strength of the association between mastery of substantial knowledge and problem-solving. To measure competency in problem-solving, cases were used in the format of a booklet in which a complete description was given of the information that could be used in the diagnosis. From an examination of the content of the cases a knowledge test was created which included all specific items relevant for diagnosis of the cases. Thus, the measuring-instruments covered the same subject matter of a subdomain.

The following hypothesis was tested: The scores of knowledge tests and problem-solving tests concerned with the same subject matter are more strongly associated than the scores of the problem-solving tests are to one another. The testees were students in the third year of the curriculum. They diagnosed two cases and completed two knowledge tests. A low correlation between the diagnosis-scores of the two cases was anticipated, and actually found, based on the assumption that it was not the mastery of methodic knowledge but the mastery of substantial knowledge that plays a prominent role in diagnostic competence. However, correlations between knowledge-scores and diagnosis-scores were no higher. In both assessments, the association between mastery of knowledge and problem-solving skill was nearly

equal to the weak association between problem-solving scores. In short, in the first study, a weak association was found between mastery of substantial knowledge and problem-solving skill. The assessments in this study were on a global level, on the level of scales. Therefore, a second study was performed in which both the specificity of assessments and analyses were increased.

Chapter 3 is the report of this study in which the association between mastery of knowledge and problem-solving skill was explored once more. Through reduction of the amount of problem information and complexity in each case the association between knowledge and problem-solving was analyzed item by item. Based on the assumption that presence of relevant knowledge determines to a high degree the amount of success in problem-solving, three mutually connected hypotheses were tested: In the absence of knowledge there is a high probability that a problem will be solved incorrectly. In presence of knowledge there is a high probability that the problem will be solved correctly. Additionally a high positive correlation was anticipated between response behaviour on a knowledge-item and response behaviour on a problem-item.

To assess problem-solving, a test was constructed with a collection compact problems. From this problem-solving test a knowledge test was inferred in which one or two knowledge-items covered one problem-item. As well, in this study, low correlations were found between mastery of knowledge and problem-solving competence. The detailed comparison of absence and presence of knowledge with utilization indicated that both probability-anticipations fluctuated around chance probability. The mean probability of an incorrect problem solution in absence of knowledge was slightly higher than the mean probability of a correct problem solution in presence of knowledge. In the literature findings of the same kind were reported in which the weak association between knowledge and problem-solving was indicated. This was interpreted as the failure of activation of knowledge in the reasoning process. It was concluded that activation of knowledge could intervene between mastery of knowledge and problem-solving competence.

Chapter 4 is the report of an experiment in which attempts were made to strengthen the association between knowledge and problem-solving stronger. If knowledge is not activated in the problem-solving process, concepts will not form part of the problem representation which is the foundation of the problem solution. Because knowledge can be present in memory but, on the contrary is not used, as is the starting point of the experiment, the association between knowledge and problem-solving can be made stronger by giving a hint to the testees when they form a problem

representation. The way which this hint was given was through the provision of an analogy. The experimental group read two case descriptions in which an analogous principle was embodied. The principles were the discrimination between chronic and acute symptoms and the causal relation between both groups of symptoms. The control group did not get this information. In the text of the criterion case, the experimental group was directed to use the analogy which had been studied before.

For the rest the design of this study was the same as the design of the two preceding studies. In this study as well a case was analyzed to determine the specific underlying knowledge which had to be applied in coming to the correct diagnosis. The presence of this knowledge was assessed in a separate knowledge test equal for both groups. The results of these assessments were analyzed in the same way as before. Again, correlations were computed between mastery of knowledge and problem-solving in order to compare the control and experimental groups. In this comparison it appeared that the intended activation of knowledge was not achieved. Also, in this study, low correlations were found between mastery of knowledge and problem-solving skill. This implies that, despite the availability of assistance by means of an analogy, testees in the experimental group did not interpret the problem information provided better in the framework of present knowledge in memory. The analogy was focussed so as to rearrange the problem information in such a way that a connection could be made with applicable knowledge in memory. Because this intended connection was not achieved, it was assumed that the experimentally suggested problem structure insufficiently matched the problem solvers' individual knowledge structures.

Chapter 5 is the report of an exhaustive study on the association of qualitative features of knowledge with problem-solving skill. In the fourth study, the problem representations of nine testees in four different cases were analyzed. Associations between features of the problem representation and the correctness of the problem solution were traced. It was hypothesized that the association between knowledge and problem-solving would be expressed in the character of the concluding representation. Uncontaminated differences were found in representations associated with correct or incorrect solutions. Concerning a correct diagnosis the problem representation included more diagnostic relevant information. In addition to different problem representations, knowledge, which was supposed to be activated during problem-solving, was submitted to a contrast-analysis for numeral qualitative features. The data for this analysis were acquired by free recall-instructions to reproduce all knowledge which could be remembered regarding the afflictions which had to be diagnosed. The qualitative features used

to analyse the knowledge protocols were: the diagnostic relevance of the reproduced concepts, the conceptual structure of the reproduced knowledge and the degree of knowledge proceduralization. It appeared that the protocols associated with correct diagnoses held these features to a comparatively higher degree. Correct diagnoses were associated with more integrated knowledge. The methods of analysis which were applied in the fourth study were directly derived from studies in the so called expert-novice paradigm. This paradigm has been used in research in the development of knowledge across a lengthy process of learning, that means over years. Because of long intervals in the learning process, groups heterogeneous in terms of developmental level are examined. However, in the fourth study, a homogeneous group (third year students) was studied. The results here indicated, as in findings of many studies on the differences between experts and novices, that there is an association between qualitative features of knowledge and skill in problem-solving. These findings suggest that the knowledge possessed by different testees, and also knowledge within testees across different subdomains, can be at different stages of development. Thus the main conclusion of the fourth study is that the knowledge dependency of problem-solving is not only defined by knowledge mastery but also by the degree to which this knowledge has developed. Developmental stages are apparently subdomain related since in the last study an association was found between knowledge and problem solution: a student in the domain of physical therapy can apply knowledge of different subdomains (for example complaints of back pain, shoulder pain, etc.) which can differ mutually across stages of development.

In Chapter 6 the implications for the design of education in cognitive skills are discussed. First the results of the individual studies are discussed together in the framework of concepts belonging to theoretical laboratory-experiments of human memory. Further, a rough outline is given of the development of individual knowledge during a lengthy learning process. After initial acquisition of knowledge within the context of basic disciplines, this knowledge is modified with respect to level and representation affected by experience. Initial knowledge is restructured in knowledge about diseases and afflictions as they are diagnosed in practice. The individually differing developmental stages of knowledge have to be considered in the arrangement of the teaching-learning process. The central topics of the teaching-learning process are highlighted: a. with respect to subject matter the teaching of cognitive processes and of problem analysis; and b. with respect to the teaching-method, learning by doing, the interaction between teacher and student and the design of tools for learning. The possibilities and restrictions of computer based training of cognitive skills are given particular attention.