

Intelligente Lehr- und Lernsysteme

Unsicherheitsmanagement in Studierenden Modellen und Bedingungs-basierte Tutoren

Formale Anforderungen

- Studien- und Prüfungsordnung für den **Bachelorstudiengang Informatik** (27.08.2014)
- Modul: Wissenschaftliches Arbeiten in der Informatik 0086cA6.1 (**benotet**)
- **Vortrag (ca. 30 Minuten)** mit anschließender **Diskussion (ca. 10 Minuten)**
- **Schriftliche Ausarbeitung**

Übersicht

- **Einleitung: Intelligent tutoring systems (ITS)**
- Studierenden Modelle
- Unsicherheitsmanagement von Wissens und Fähigkeiten
 - Evidenztheorie von Dempster und Shafer (DST)
 - Fuzzylogik (FL)
 - Bayessches Netz (BN)
 - Probabilistische Testtheorie (IRT)
 - Latente Modelle
- Bedingungs-basierte Tutoren
- Effizienz von ITS
- Fazit & Ausblick
- Quellen

Historische Entwicklung

aus Shute:1994

- 1926 Sidney L. Pressey:
Feedback „multiple-choice“ Fragen
- 1950 Alan Turing: **Turing Test**
- 1956 - 1976 Bloom, Carroll, Crowder,
Glaser, Skinner (Schulpsychologie):
Individualisierter Unterricht
- Ca. ab 1960: Programmed instruction (PI)
=> **Computer-assisted instructions (CAI)**



https://en.wikipedia.org/wiki/File:Pressey_Testing_Machine_1.jpg
Stand, 25.02.2018

Intelligent tutoring systems (ITS)

nach Steenbergen-HU:2014

- Entwicklung seit 1970
- Einbezug verschiedener wissenschaftlicher Disziplinen
 - Erziehungswissenschaft
 - Kognitionswissenschaft
 - Mathematik



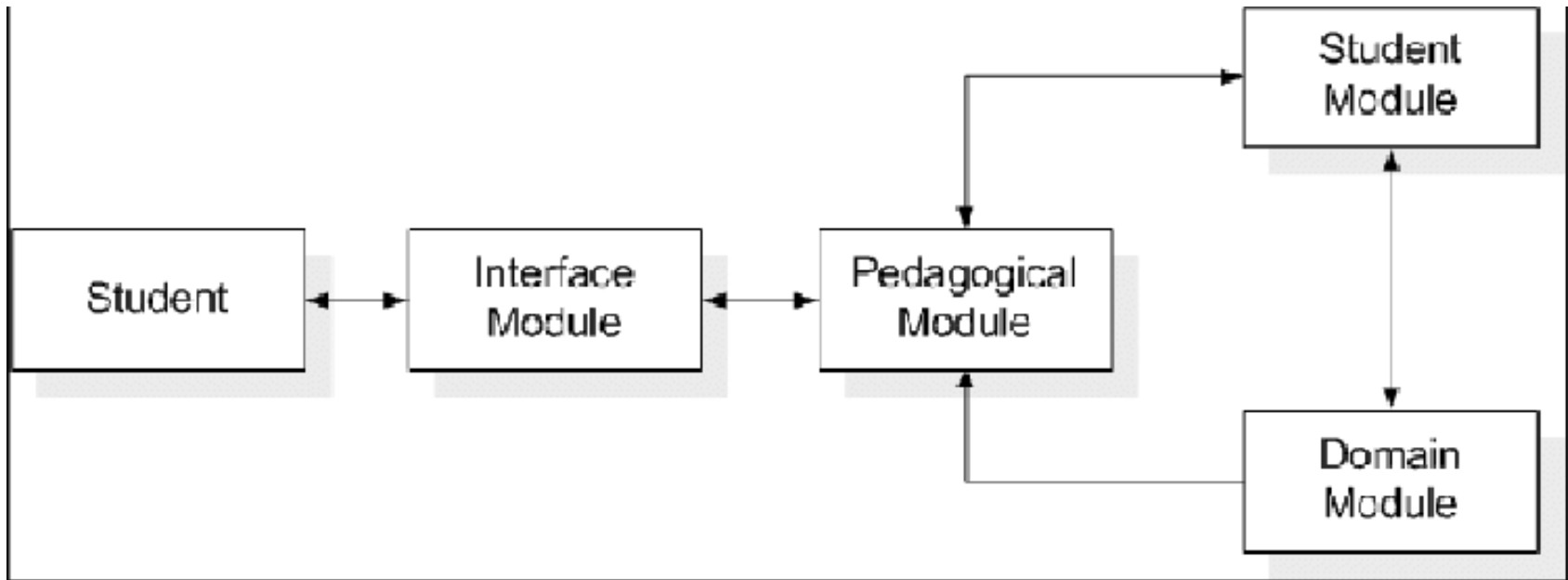
ITS - Ziele

Individualisierung von

- Aufgabenauswahl
- Lehrtempo
- Schwierigkeitsgrad
- Feedback

ITS Aufbau

aus Halmurshidi:2017



Übersicht

- Einleitung: Intelligent tutoring systems (ITS)
- **Studierenden Modelle**
- Unsicherheitsmanagement von Wissens und Fähigkeiten
 - Evidenztheorie von Dempster und Shafer (DST)
 - Fuzzylogik (FL)
 - Bayessches Netz (BN)
 - Probabilistische Testtheorie (IRT)
 - Latente Modelle
- Bedingungs-basierte Tutoren
- Effizienz von ITS
- Fazit & Ausblick
- Quellen

Studierenden Modelle – Wissen & Fähigkeiten

nach Self:1994

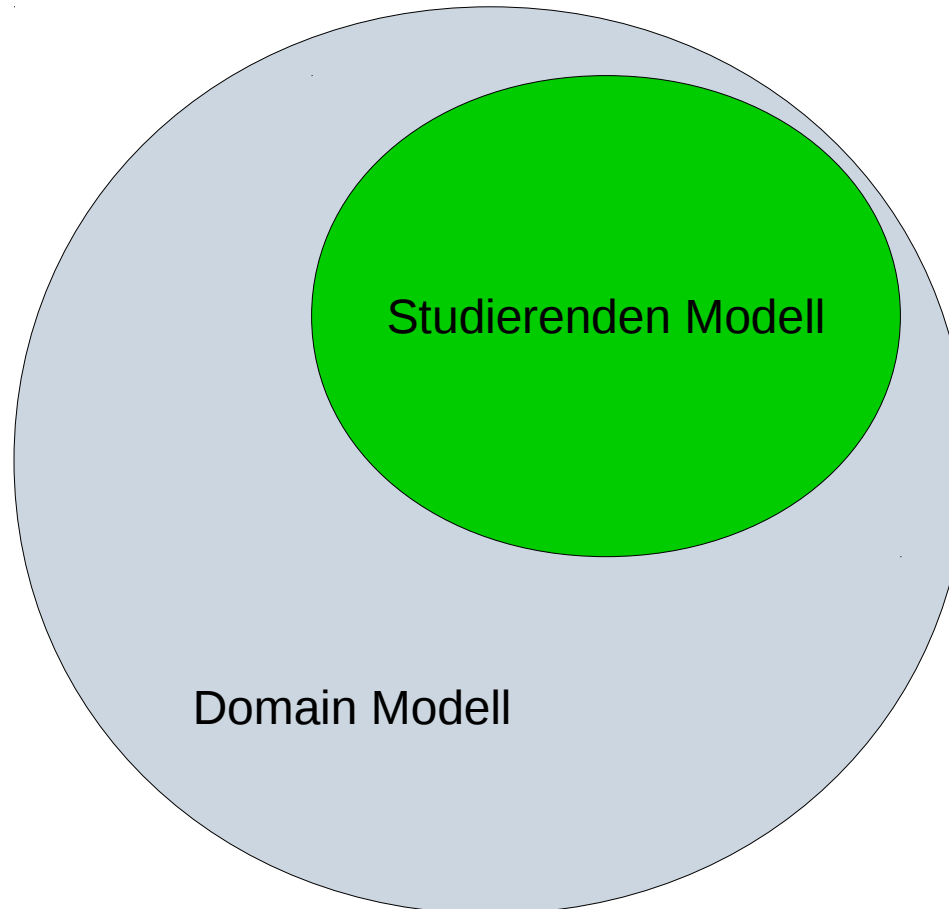
- Traditionelle Modelle: Wissensstand
- Erweiterung des Modells um Fähigkeiten
 - Kognitive Fähigkeiten
 - Konative Fähigkeiten
 - Affektive Fähigkeiten

Studierenden Modelle - Varianten

- Überlagerungsmodell
- Wissens- und Modellüberwachung
- Bedingungs-basiertes Modell (CBM)

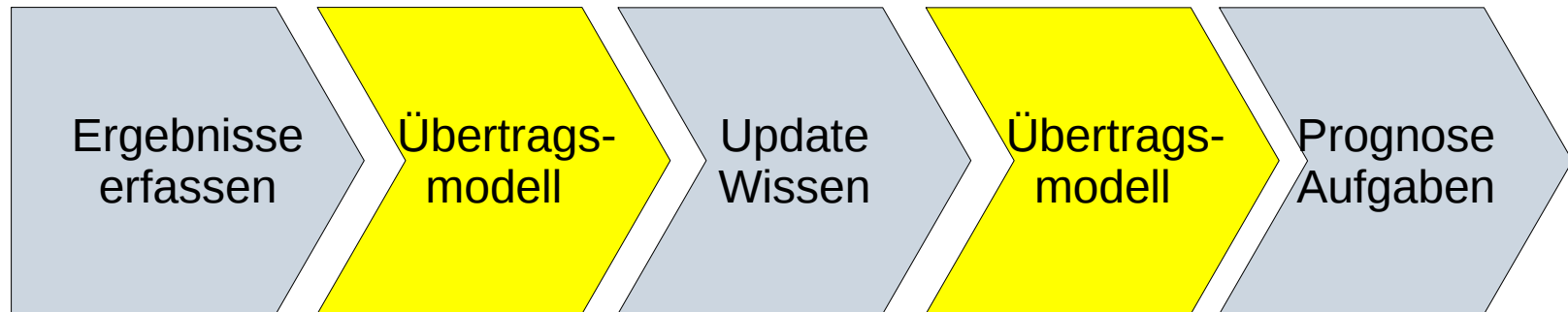
Studierenden Modelle - Überlagerungsmodell

Overlay model
(Carbonell:1970)



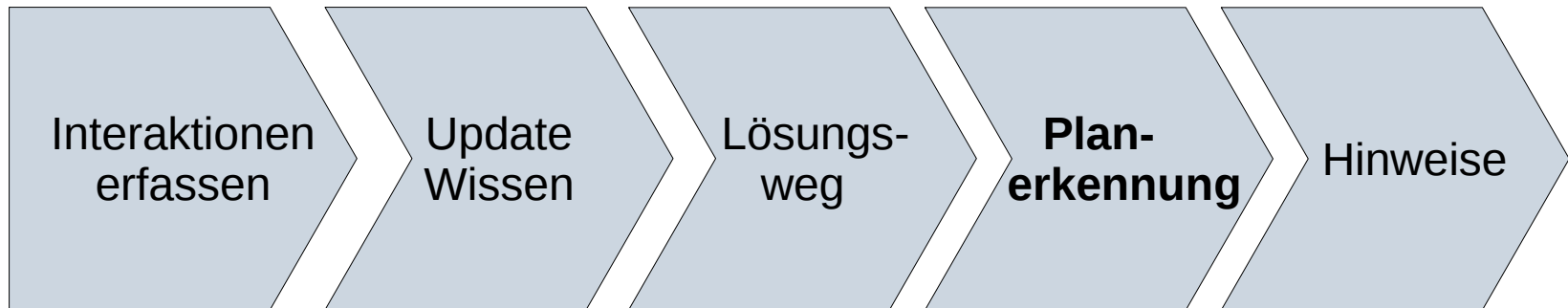
Studierenden Modelle - Wissensüberwachung

Knowledge tracing
nach Anderson:1995



Studierenden Modelle - Modellüberwachung

Model tracing
nach Koedinger:1997

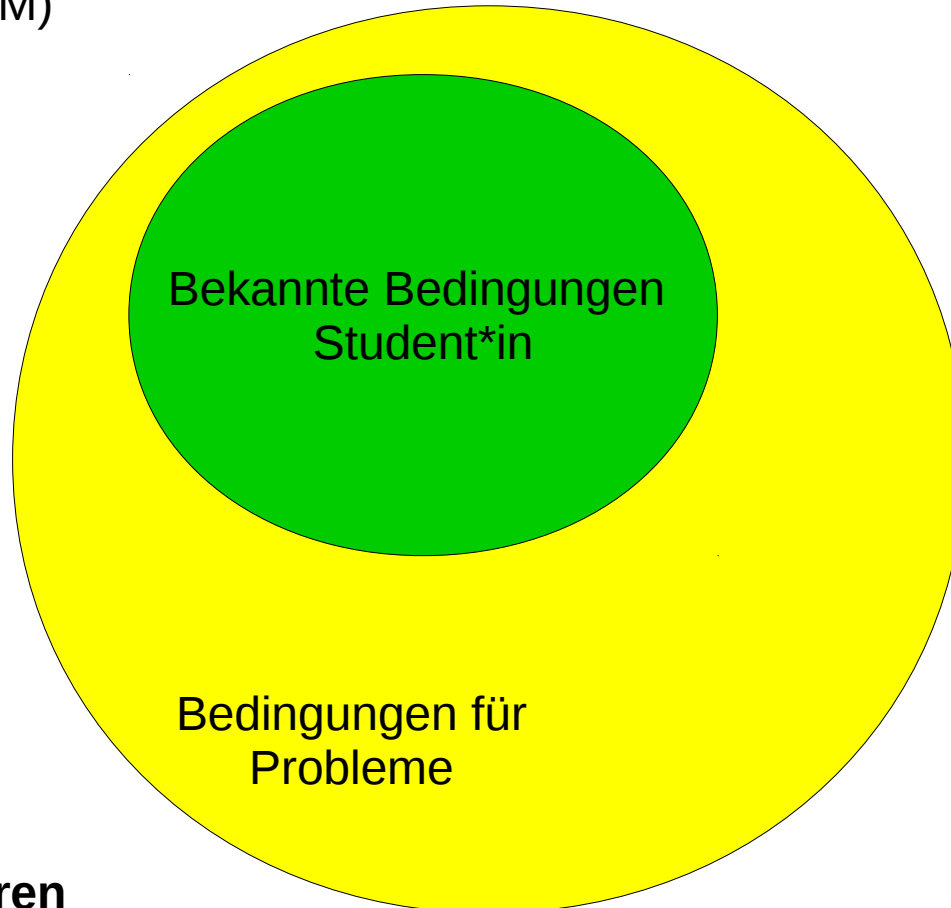


Studierendenmodelle - Bedingungs-basiert

Constraint-Based Model (CBM)

nach Ohlsson:2016

[Ohlsson:1992]



**Siehe
Bedingungs-basierte Tutoren**

Übersicht

- Einleitung: Intelligent tutoring systems (ITS)
- Studierenden Modelle
- **Unsicherheitsmanagement von Wissens und Fähigkeiten**
 - Evidenztheorie von Dempster und Shafer (DST)
 - Fuzzylogik (FL)
 - Bayessches Netz (BN)
 - Probabilistische Testtheorie (IRT)
 - Latente Modelle
- Bedingungs-basierte Tutoren
- Effizienz von ITS
- Fazit & Ausblick
- Quellen

Evidenztheorie von Dempster und Shafer (DST)

nach Shafer:1985

- Glaubwürdigkeit der Informationsquellen einordnen
- Zusammensetzen von Wissen aus unterschiedlich (glaubwürdigen) Quellen
- Beispiel Anwendungsfall: Studierenden Modell ergibt sich aus **Selbsteinschätzung, Fremdeinschätzung und Eingaben**

Fuzzylogik (FL)

Aus Jameson:1996

- Theorie zur Erfassung des Unpräzisen
- Grad der Zugehörigkeit ihrer Elemente definiert unscharfe Mengen
- Beispiel Anwendungsfall: Modellierung einer **relativierenden Aussage** über den **zu erwartenden Erfolg** einer **dritten Person**

Bayessche Netze - Definition

nach Neapolitan:1990

Sei $G = (V, E)$ ein gerichteter, kreisfreier Graph mit $V = \{X_1, \dots, X_n\}$ und bedingten Abhängigkeiten repräsentiert durch Kantenmenge E

Bedingte Unabhängigkeitsannahme:

$\forall X \in V, Y \in V \setminus \{X, \gamma, \pi\}$ gilt: X ist unabhängig von Y

mit π als Menge der Eltern von X und γ als Menge der Kinder von X

Unter der **bedingten Unabhängigkeitsannahme** gilt:

$$P(X_1, \dots, X_n) = \prod_i P(X_i | \pi_i)$$

Bayessche Netze - Definition

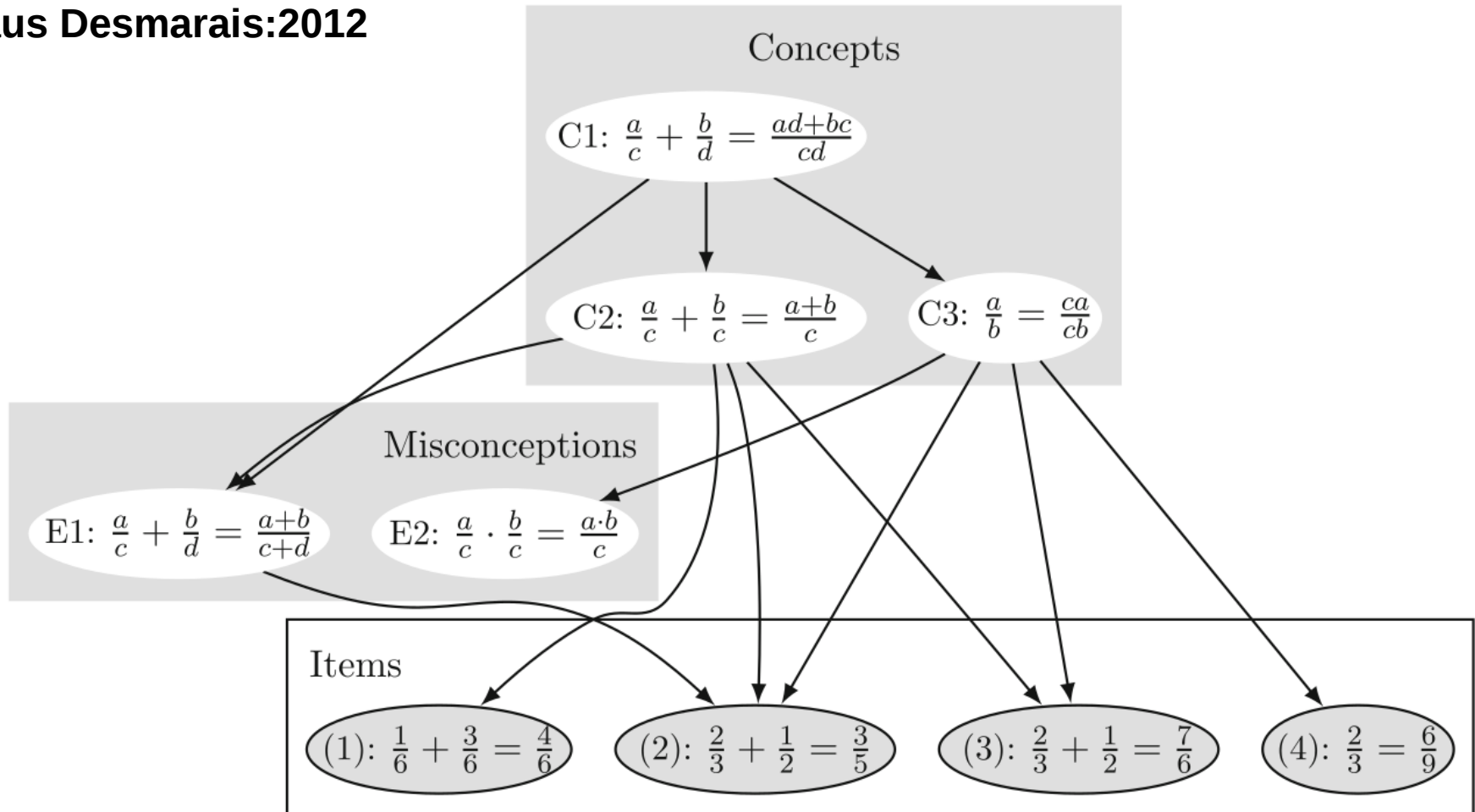
nach Jameson:1996

Bedingte Abhängigkeiten / Wahrscheinlichkeitstabellen

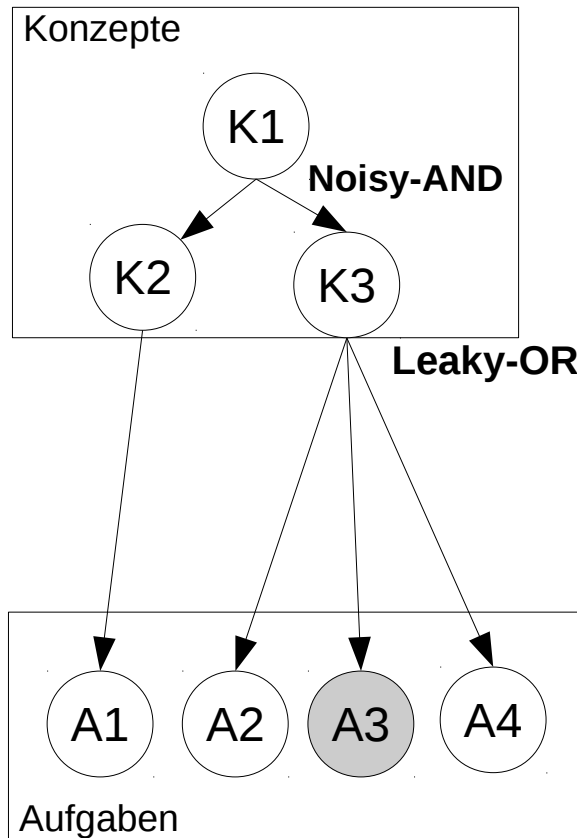
- Empirischen Daten
- Schätzung Domain-Expert*in
- Allgemeine Theorie


Bayessche Netze Beispiel


aus Desmarais:2012



BN: Leaky-OR & Noisy-AND

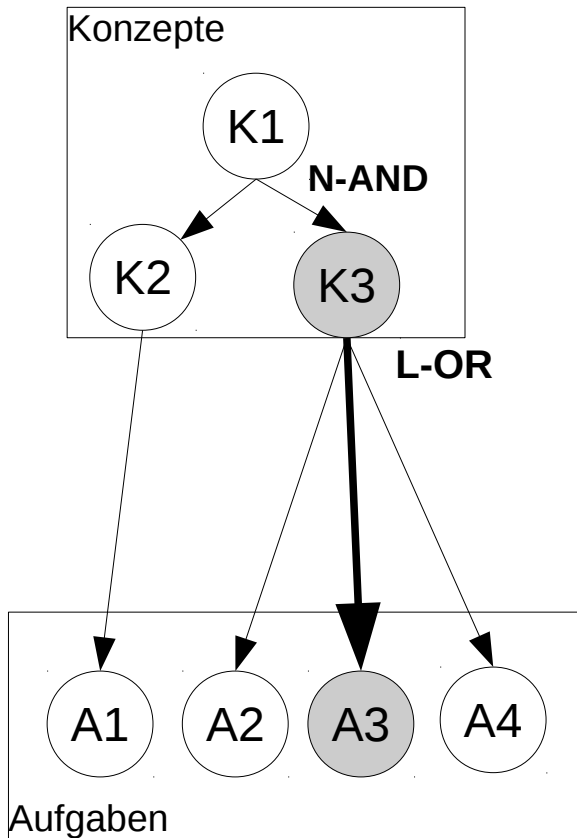


 $P(\text{guess})$

 $1 - P(\text{slip})$

Eigene Darstellung
nach Desmarais:2012

BN: Leaky-OR & Noisy-AND



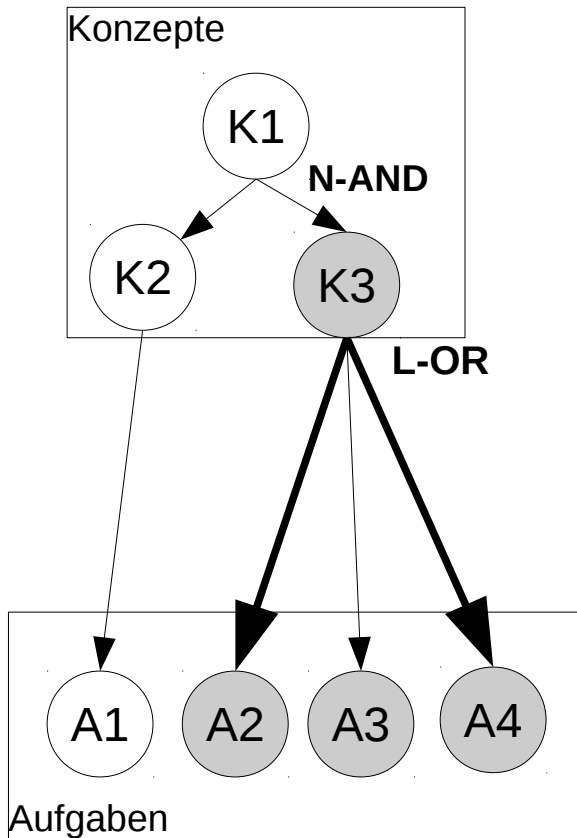
Aufwärtsübertrag
(eng. upward propagation)

A_x $P(\text{guess})$

A_y $1 - P(\text{slip})$

Eigene Darstellung
nach Desmarais:2012

BN: Leaky-OR & Noisy-AND



Abwärtsübertrag
(eng. downward propagation)

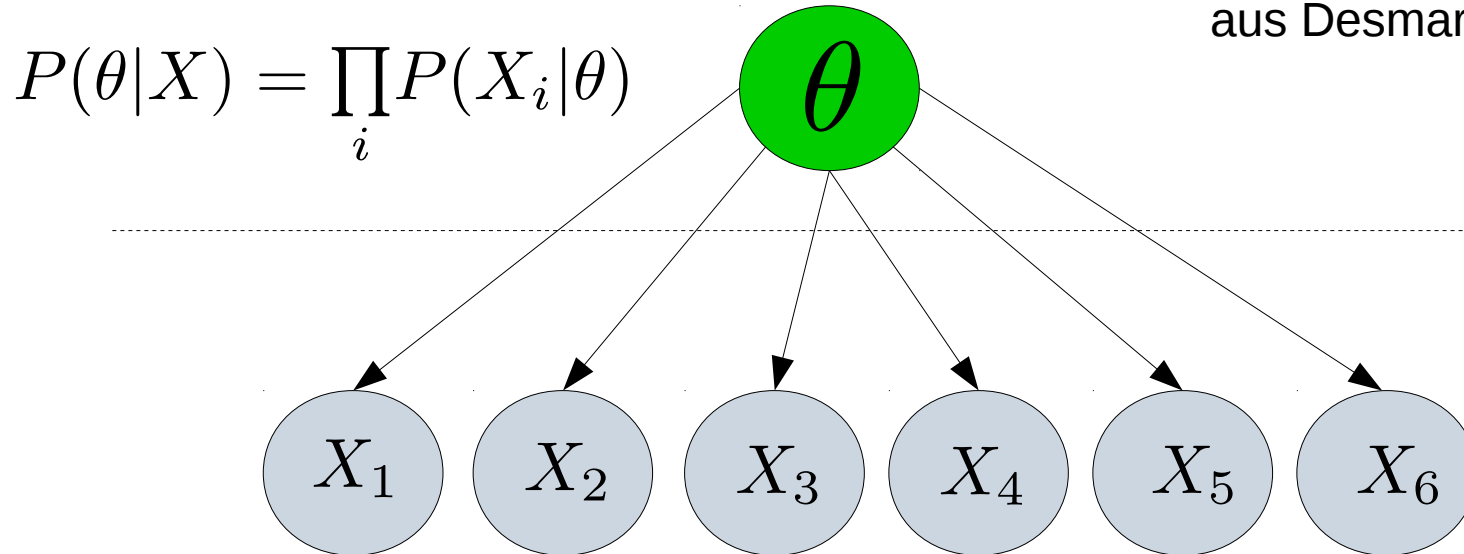
A_x $P(\text{guess})$

A_y $1 - P(\text{slip})$

Eigene Darstellung
nach Desmarais:2012

Probabilistische Testtheorie (IRT)

aus Desmarais:2012



$$P(X_i|\theta) = 1/(1 + e^{-a_i(\theta - b_i)})$$

mit a_i als Abgrenzungskraft und b_i als Schwierigkeitsgrad von X_i

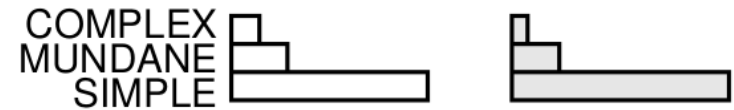
**siehe Vortrag 7
von Rainier Robles**

BN: Wissensüberwachung mit IRT

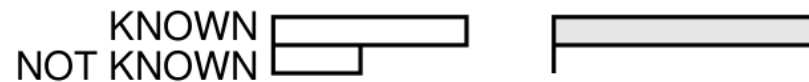
UNIX EXPERTISE OF u



DIFFICULTY OF "MORE"

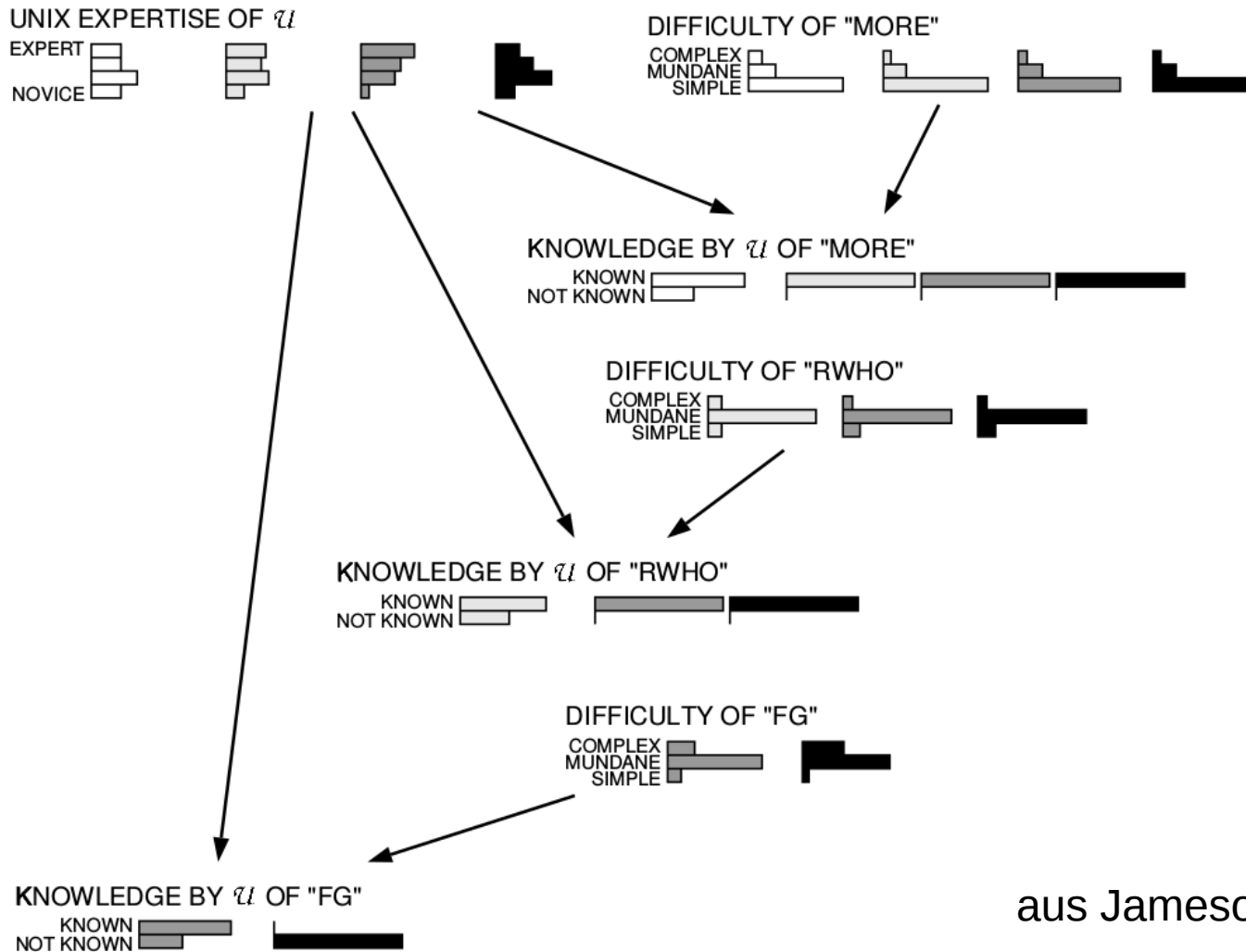


KNOWLEDGE BY u OF "MORE"



aus Jameson:1996

BN: Wissensüberwachung mit IRT



aus Jameson:1996

Latente Modelle - NIDA

nach Desmarais:2012

Noisy Input Deterministic And (NIDA) ist ein ***konjunktives Modell*** mit K Kompetenzen und I Aufgaben

$$\begin{array}{c} \text{Aufgaben} \end{array} \begin{pmatrix} & \text{Kompetenzen} \\ q_{1,1} & \dots & q_{1,K} \\ \dots & \dots & \dots \\ q_{I,1} & \dots & q_{I,K} \end{pmatrix}$$

Latente Modelle - NIDO

nach Desmarais:2012

Noisy Input Deterministic Or (NIDO) ist ein **kompensatorisches Modell** mit K Kompetenzen und I Aufgaben

$$\begin{array}{c} \text{Aufgaben} \end{array} \begin{pmatrix} & \text{Kompetenzen} \\ q_{1,1} & \dots & q_{1,K} \\ \dots & \dots & \dots \\ q_{I,1} & \dots & q_{I,K} \end{pmatrix}$$

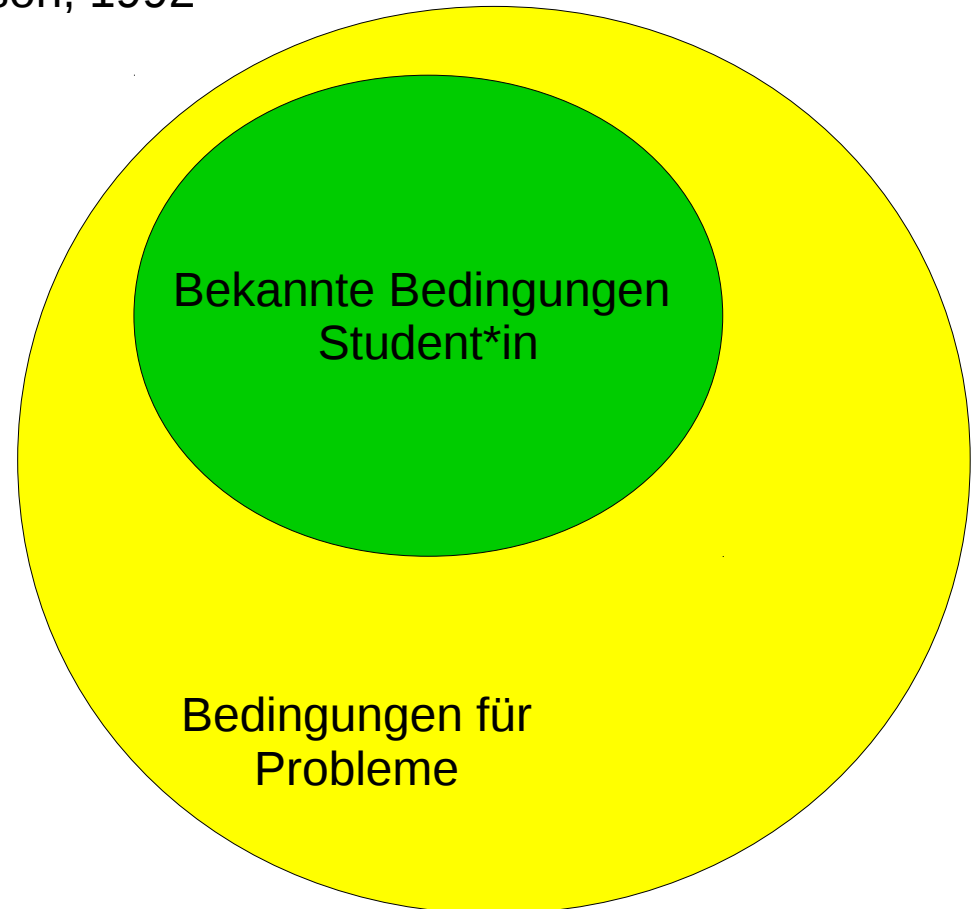
Übersicht

- Einleitung: Intelligent tutoring systems (ITS)
- Studierenden Modelle
- Unsicherheitsmanagement von Wissens und Fähigkeiten
 - Evidenztheorie von Dempster und Shafer (DST)
 - Fuzzylogik (FL)
 - Bayessches Netz (BN)
 - Probabilistische Testtheorie (IRT)
 - Latente Modelle
- **Bedingungs-basierte Tutoren**
- Effizienz von ITS
- Fazit & Ausblick
- Quellen

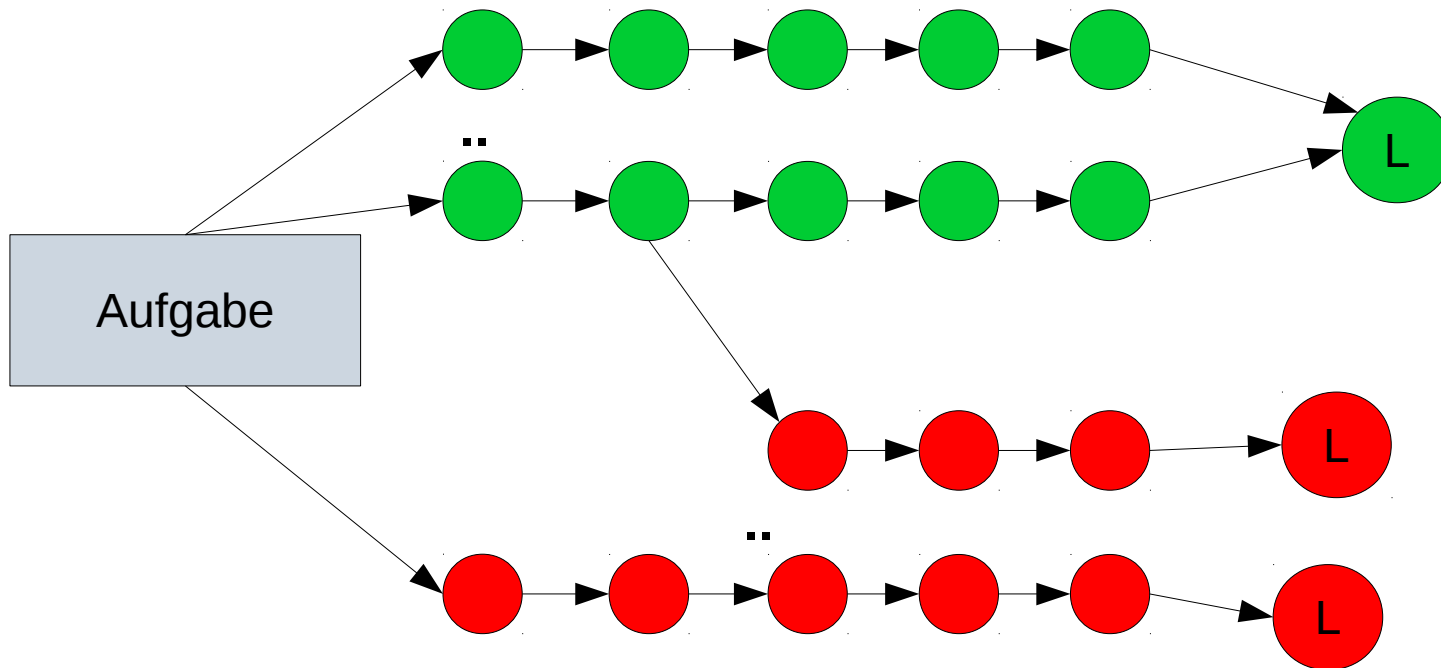
Bedingungs-basierte Tutoren (CBT)

Nach Mitrovic:2012

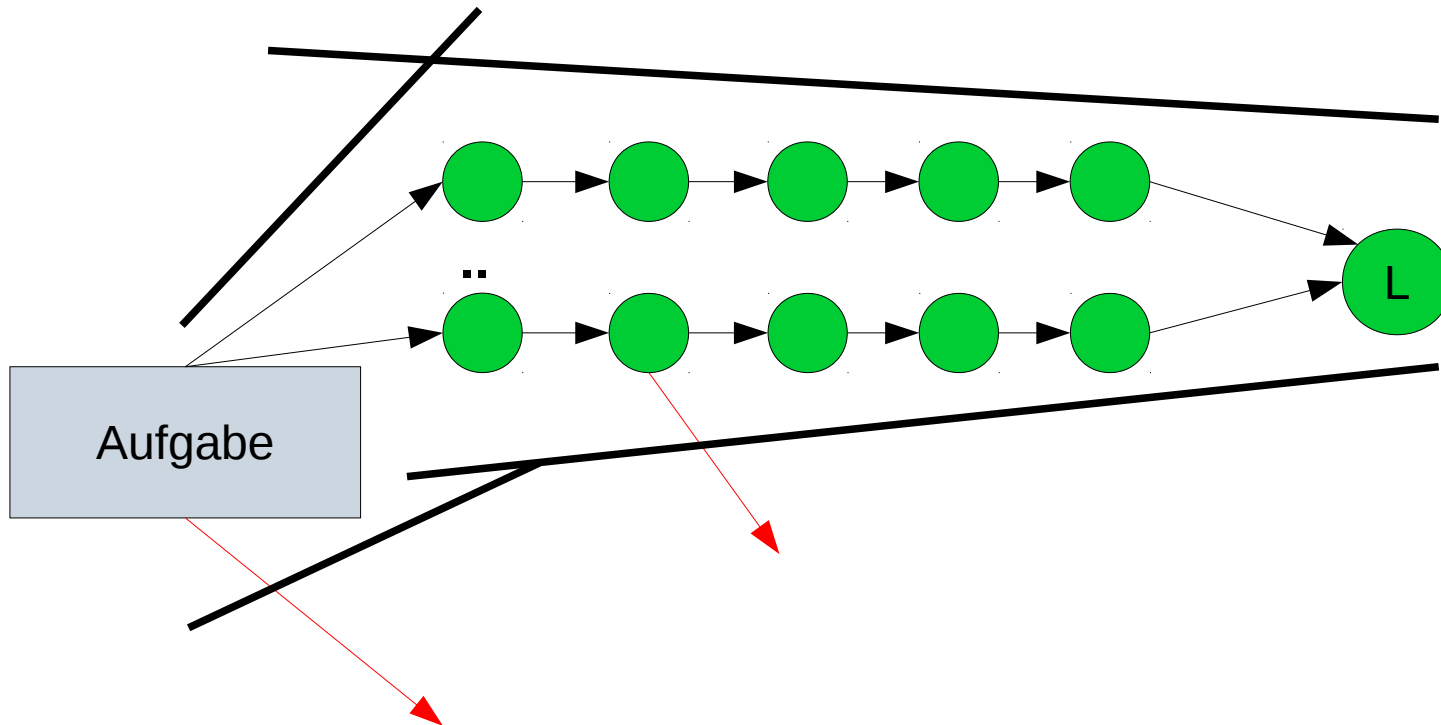
- Basiert auf CBM von Stellan Ohlsson, 1992
- Modellierung mit **Bedingungen**



Motivation: Modell ohne Bedingungen

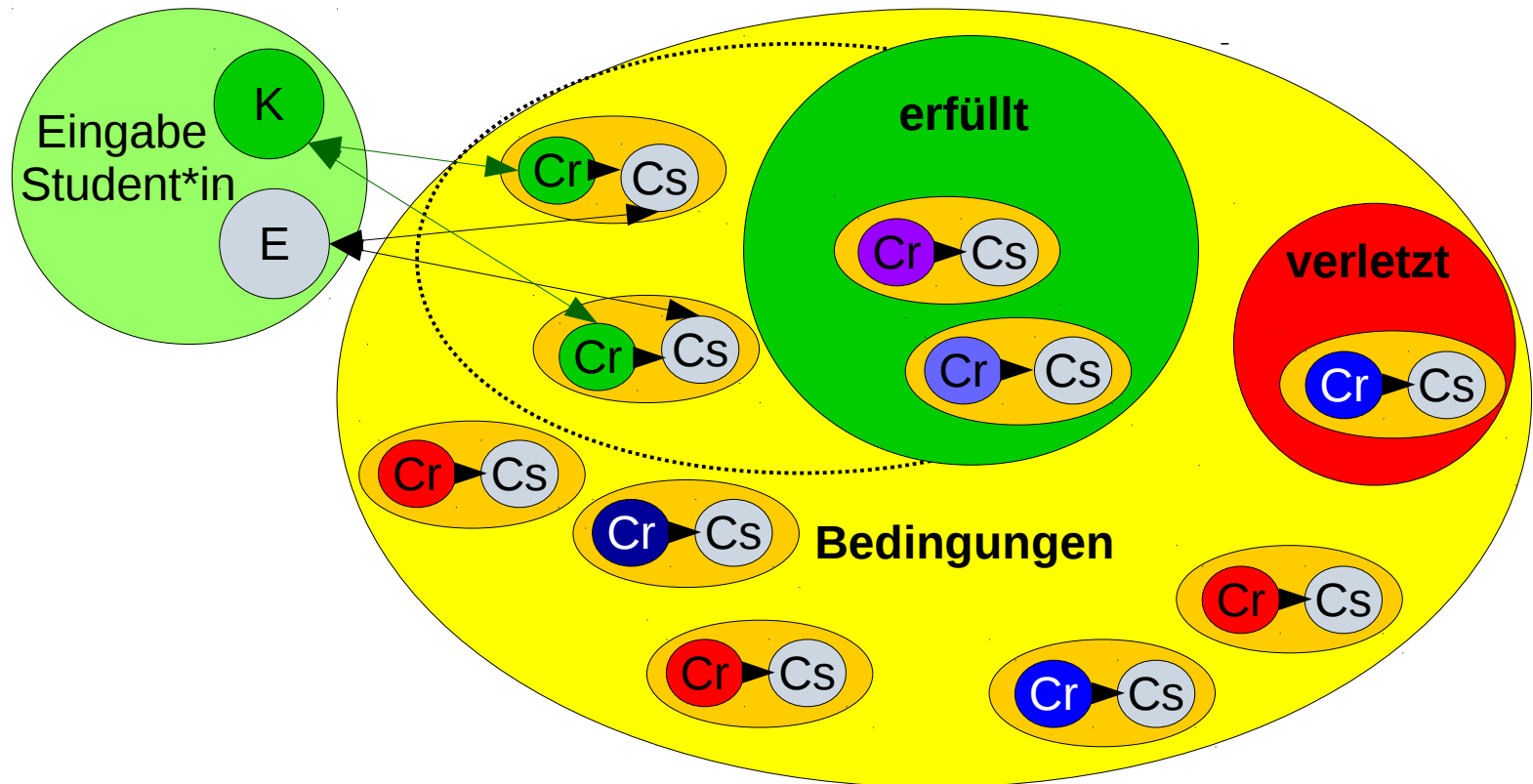


Motivation: Modell mit Bedingungen



CBT: Grundidee

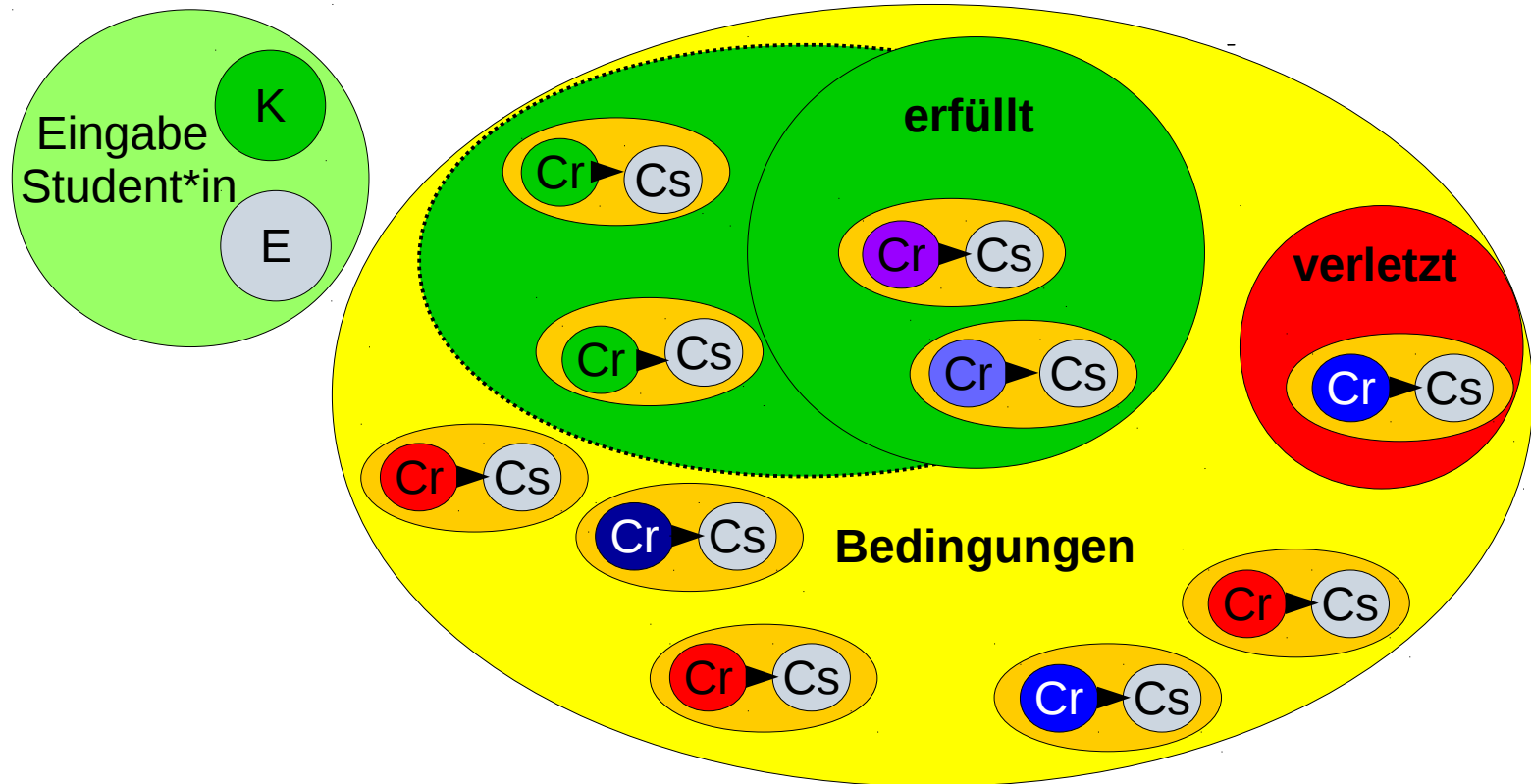
nach Mitrovic:2012



Falls <Relevanz-Bedingung **Cr**> wahr ist,
Dann **sollte** <Zufriedenstellungs-Bedingung **Cs**> auch wahr sein.

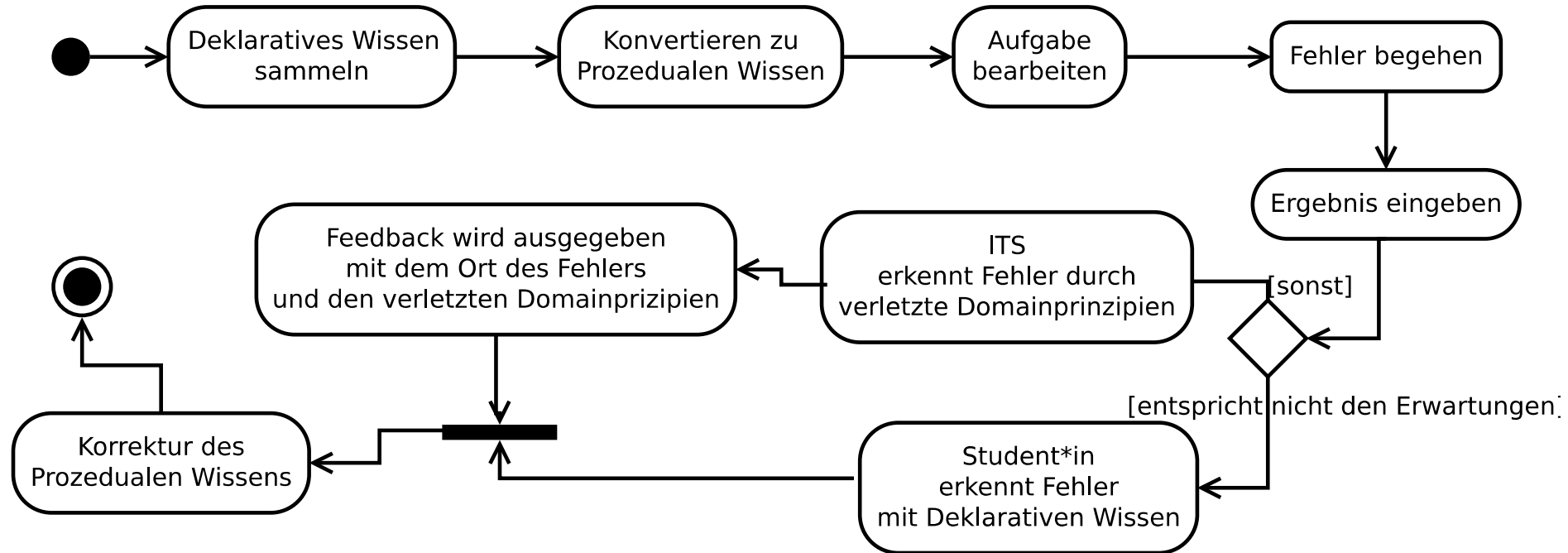
CBT: Grundidee

nach Mitrovic:2012



Falls <Relevanz-Bedingung **Cr**> wahr ist,
Dann **sollte** <Zufriedenstellungs-Bedingung **Cs**> auch wahr sein.

CBT: Psychologische Grundlagen



Eigene Darstellung nach Ohlsson:1996

CBT: Feedback

nach Mitrovic:2012

- Jede Bedingung ist mit einer Feedback-Nachricht verknüpft
- Bei mehreren verletzten Bedingungen: Sortieren
- Oder Feedback lernend nach Studierenden Modell auswählen

CBT: Feedback

nach Mitrovic:2012

- Jede Bedingung ist mit einer Feedback-Nachricht verknüpft
- Bei mehreren verletzten Bedingungen: Sortieren
- Oder Feedback lernend nach Studierenden Modell auswählen

CBT: Syntax Bedingungen

Syntax Bedingungen für Problem-unabhängige Domäneprinzipien

Beispiel von Ohlsson 1992:

If the current problem is $a/b + c/d$, and the student's solution is $(a + c)/n$, then it had better be the case that $n = b = d$

CBT: Semantische Bedingungen

Problem-abhängig:

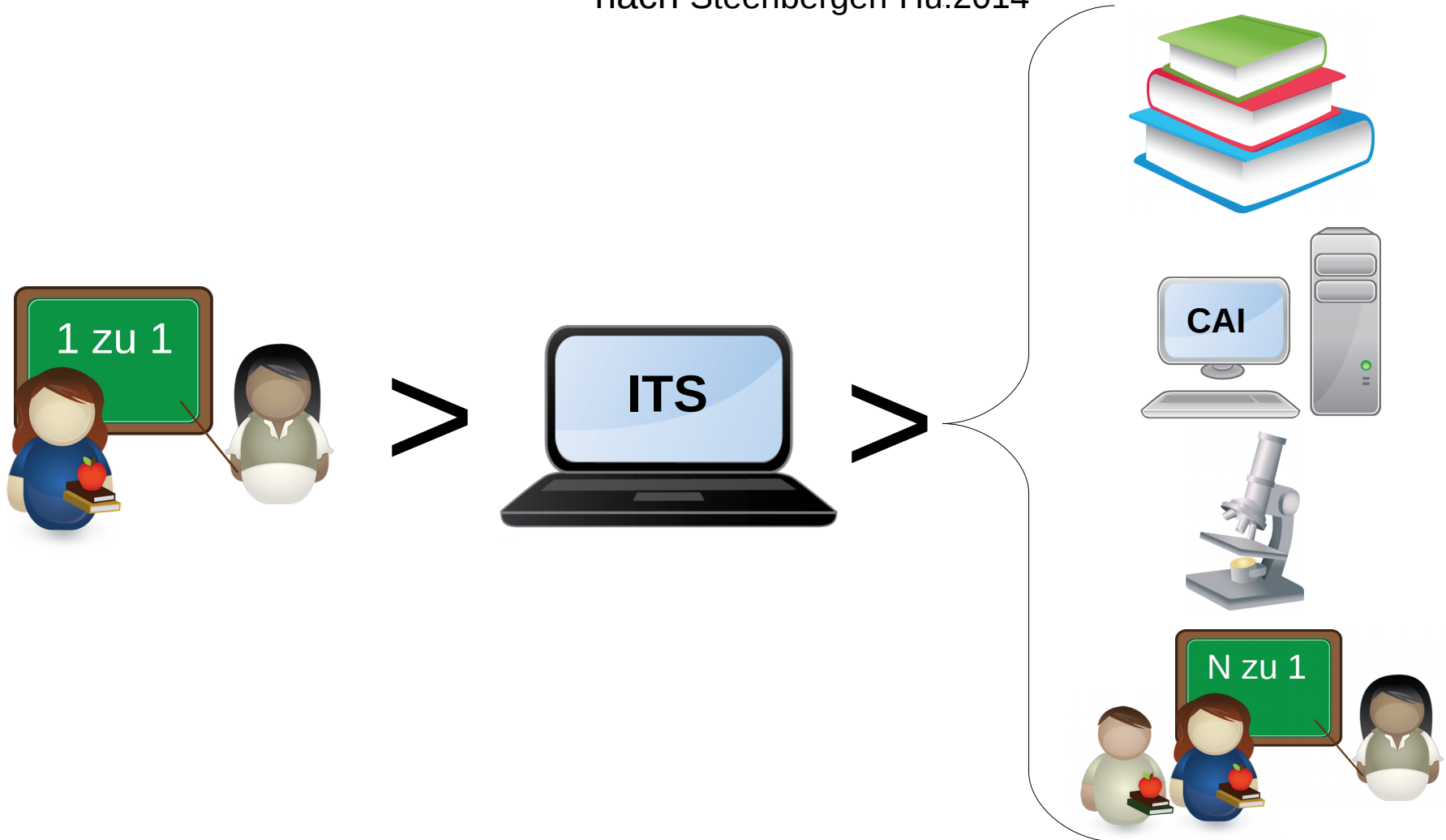
Vergleich Lösung der Student*in mit einer Musterlösung

Beispiel aus SQL-Tutor [Mitrovic:2012]:

*C r : the WHERE clause is empty in both the student's and ideal solutions,
and there is more than one table in the student's FROM clause,
and the FROM clause of the ideal solution contains the JOIN keyword,
C s : the JOIN keyword must appear in the student's FROM clause.*

Effizienz von ITS

nach Steenbergen-Hu:2014



Fazit & Ausblick

- Ausgereifte Studierenden Modelle
- Theoretische Ansätze des Unsicherheitsmanagements je nach Herausforderung
- Bedingungs-basierte Tutoren verkleinern Aufwand bei der Modellierung
- ITS sind fast so effizient wie ein*e persönliche Tutor*in
- Aber: Datenschutz begrenzt Einsatz
- ITS für weitere Themenfelder

Quellen (1/2)

- Anderson:1995 - John R. Anderson, Albert T. Corbett, Kenneth R. Koedinger, and Ray Pelletier - „Cognitive tutors: Lessons learned.“, 1995
- Carbonell:1970 - Jaime R Carbonell, „An artificial-intelligence approach to computer-assisted instruction“, 1970
- Desmarais:2012 - Michel C Desmarais and Ryan S Baker: A review of recent advances in learner and skill modeling in intelligent learning environments., 2012
- Halmurshidi:2017 - Halmurshidi, Suheir & Abu Naser, Samy, Stomach disease intelligent tutoring system, 2017
- Jameson:1996 - Anthony Jameson: Numerical uncertainty management in user and student modeling: An overview of systems and issues, 1996
- Koedinger:1997 - Kenneth R Koedinger, John R Anderson, William H Hadley, and Mary A Mark. - „Intelligent tutoring goes to school in the big city.“, 1997
- Mitrovic:2012 - Antonija Mitrovic - „Fifteen years of constraint-based tutors: what we have achieved and where we are going“, 2012

Quellen (2/2)

- Neapolitan:1990 - Neapolitan, R.: Probabilistic reasoning in expert systems: Theory and algorithms.
- Ohlsson:1992 - Ohlsson, S.: Constraint-based student modeling. 1992
- Ohlsson:1996 - Ohlsson, S.: Learning from performance errors., 1996
- Ohlsson:2016 - Stellan Ohlsson. - „Constraint-based modeling: From cognitive theory to computer tutoring – and back again“, 2016.
- Self:1994 - John A Self - „Formal approaches to student modelling“, 1994
- Shafer:1985 - Glenn Shafer and Amos Tversky. „Languages and designs for probability judgment“, 1985
- Shute:1994 - Shute, Valerie J., and Joseph Psotka. Intelligent Tutoring Systems: Past, Present, and Future, 1994.
- Steenbergen-Hu:2014 - Saiying Steenbergen-Hu and Harris Cooper - A Meta-Analysis of the Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems on College Students' Academic Learning, 2014

Fragen und Diskussion