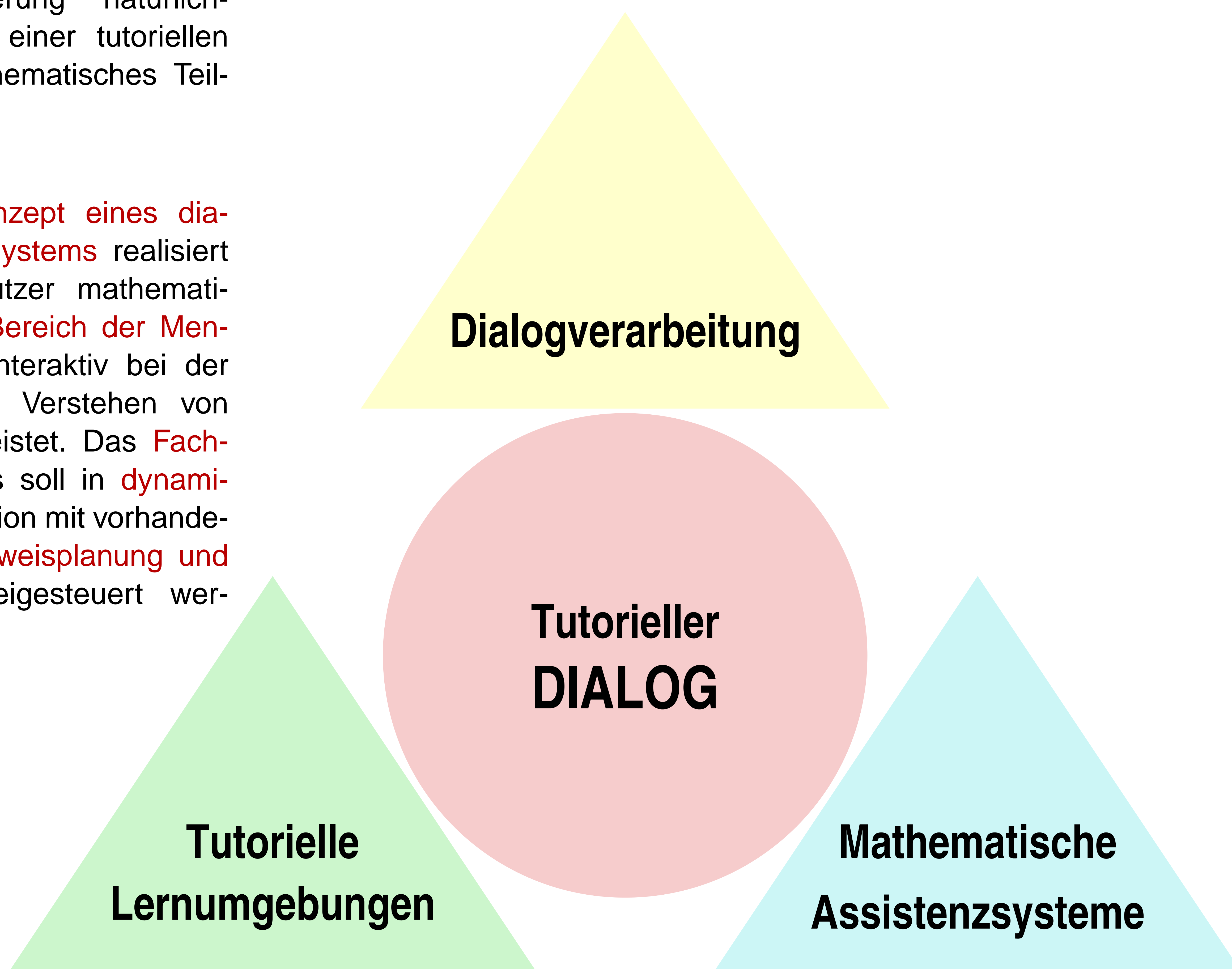


Projekt **MI 3 DIALOG**: Pinkal, Siekmann, Benzmüller
Fortsetzung von Projekt **C 2 LISA**: Pinkal, Siekmann

Projektziel

Empirische Untersuchung, Modellierung und Implementierung natürlichsprachlichen Dialogs in einer tutoriellen Anwendung für ein mathematisches Teilgebiet.

Im Projekt soll das **Konzept eines dialogbasierten tutoriellen Systems** realisiert werden, das dem Benutzer mathematische Begriffe aus dem **Bereich der Mengenlehre** erläutert und interaktiv bei der Durchführung und beim Verstehen von Beweisen Hilfestellung leistet. Das **Fachwissen** des Tutorsystems soll in **dynamischer Form** durch Interaktion mit vorhandenen Werkzeugen der **Beweisplanung und Mathematik-Assistenz** beigesteuert werden.



Beteiligte Wissenschaftler

Grundausstattung

Prof. Dr. Manfred Pinkal (Computerlinguistik)
Prof. Dr. Jörg Siekmann (Informatik)
Dr. Christoph Benzmüller (Informatik)
PD Dr. Helmut Horacek (Informatik)
Dr. Ivana Kruijff-Korbayova (Computerlinguistik)
PD Dr. Erica Melis (Informatik)

Ergänzungsausstattung

Dr. cand. Armin Fiedler (Informatik)
N.N. (Computerlinguistik)
Abdelhakim Freihat (Computerlinguistik, SHK)
Alexander Weber (Informatik, SHK)

Projektpräsentation

Gebäude 43.8, Neubau DFKI, Foyer

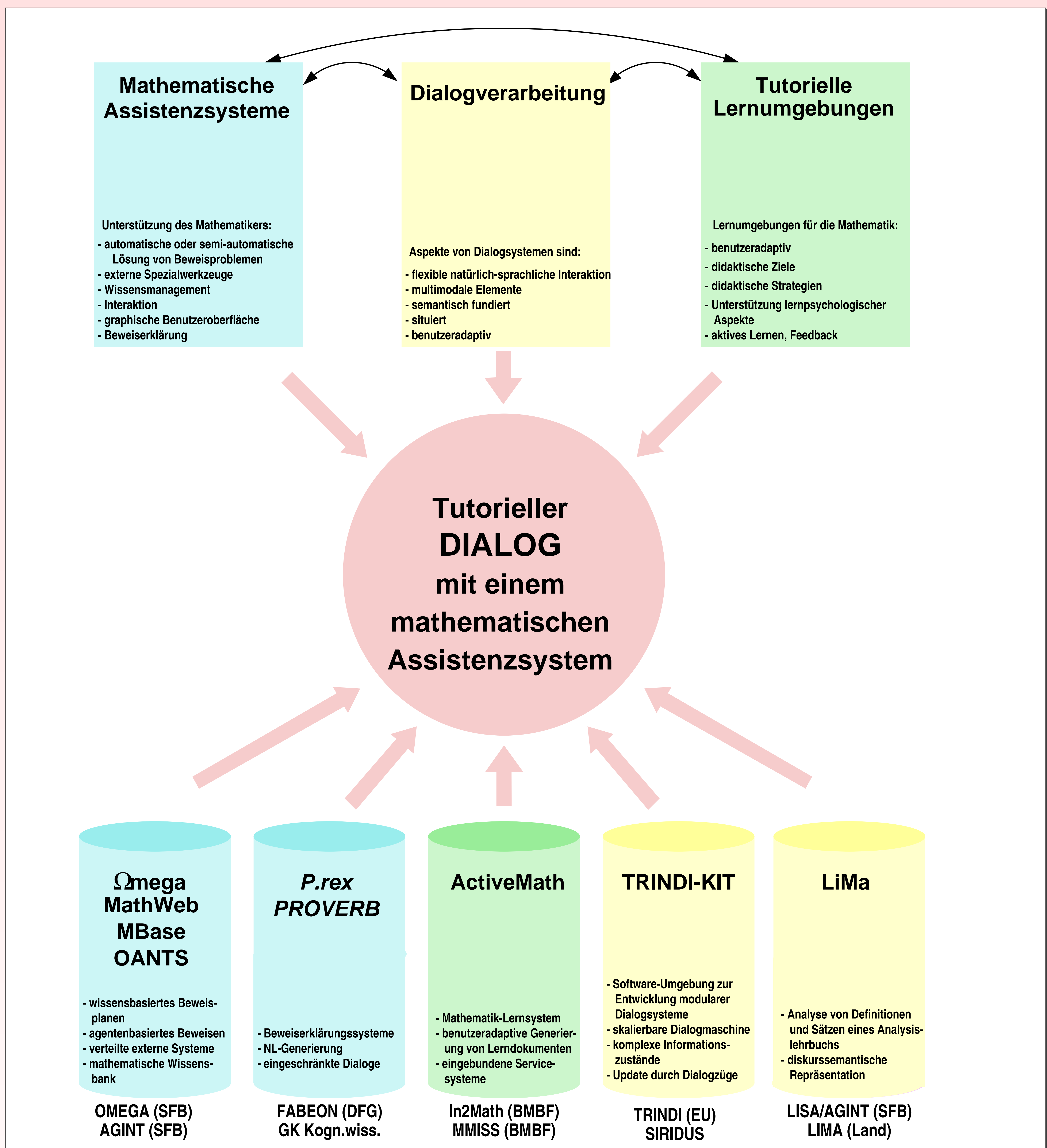
Status im SFB

Nachfolge Projekt C2 LISA

Projekt **MI 3 DIALOG**: Pinkal, Siekmann, Benzmüller
Fortsetzung von Projekt **C 2 LISA**: Pinkal, Siekmann

Ziele

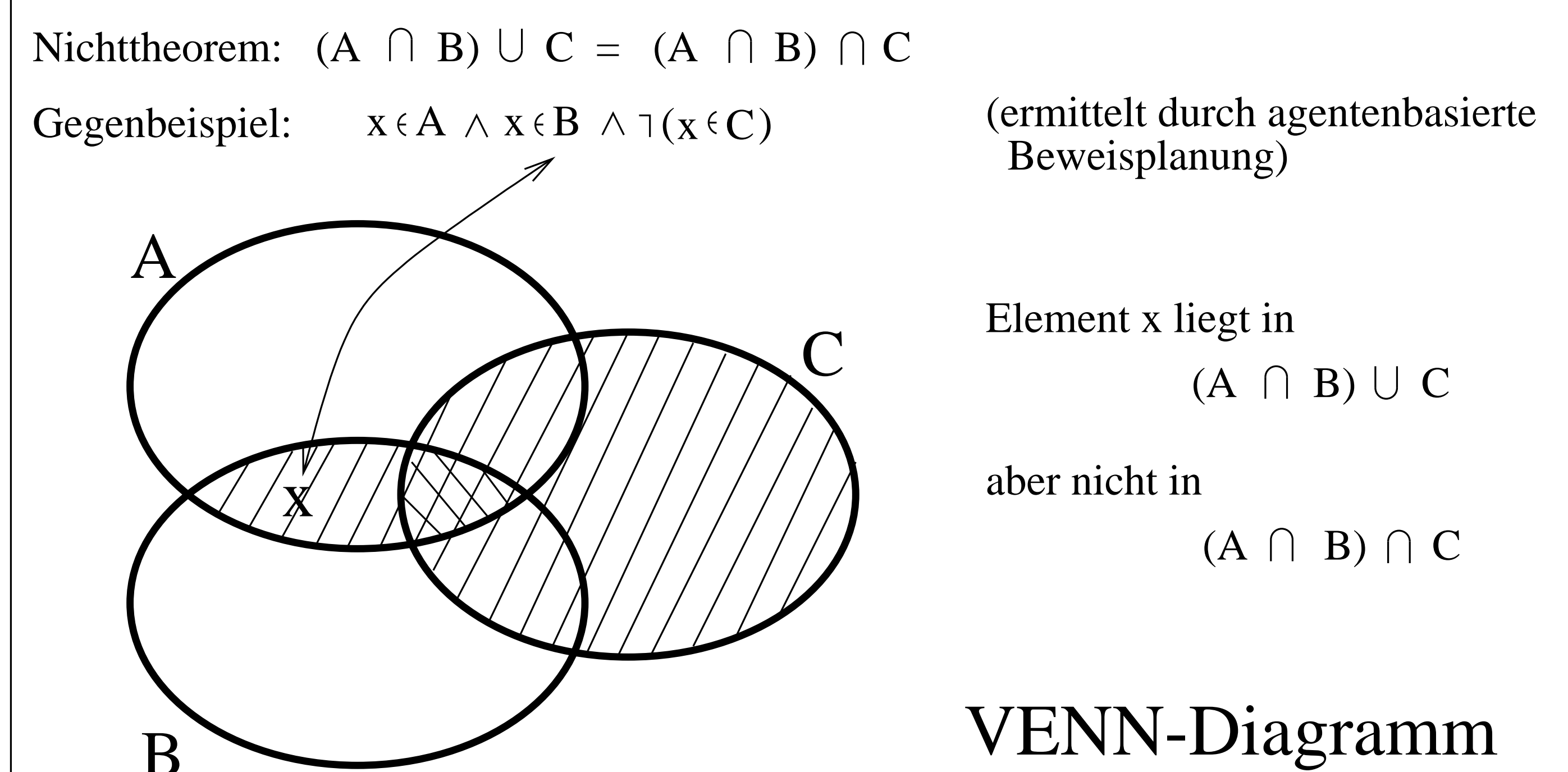
- Natürlich-sprachlicher Dialog in
- einer tutoriellen Anwendung für
- ein mathematisches Teilgebiet
- Empirische Untersuchungen
- Modellierung
- Implementierung



Projekt **MI 3 DIALOG**: Pinkal, Siekmann, Benzmüller
Fortsetzung von Projekt **C 2 LISA**: Pinkal, Siekmann

Domäne: Naive Mengenlehre

- setzt **wenig Vorkenntnisse** bei Probanden voraus
- durch (agentenbasierte) Beweisplanung in Ω MEGA **beherrschbar**; Studie: in Kooperation mit dem Projekt AGINT und der Universität Birmingham
 - **20.000** einfache **Mengengleichungen** automatisch generiert
 - **automatisch verifiziert** bzw. **falsifiziert**
 - Beweise und Gegenbeispiele auf einer relativ **verständlichen Beschreibungsebene** repräsentiert
- Möglichkeit der **multimodalen Präsentation**



Wizard-of-Oz-Studie

- **A: Schülerin** (11. Klasse) und **B: Informatikstudent** (1. Studienabschnitt)
- Aufgabe: mit Hilfe des Tutorsystems einen **Satz aus der Mengenlehre entwickeln**
- **Sprachein- und -ausgabe über Tastatur** bzw. Bildschirm; Bilder auf Papier
- der **Ablauf** des tutoriellen Dialogs durch Versuchsleiter (Wizard) partiell informell **vorstrukturiert**

Dialogausschnitt (A)	Phänomene
1(T) Willkommen zur Lektion über den Einsatz von Mengenlehre! Du kannst zwischen 3 Beispielen wählen um zu versuchen sie operational anzuwenden: B1. Zeige dass aus A ist Teilmenge von B und B ist Teilmenge von A folgt dass A und B gleich sind. B2. ...	Erwartung: Auswahl eines Beispiels; verschiedene Arten der Referenzierung möglich.
2(S) Ich wähle Beispiel 1.	Auswahl eindeutig durch Nummerierung.
3(T) Ok, gut. Wie möchtest Du vorgehen?	Tutor übergibt Initiative an Benutzer ; extrahiert Beweis aus math. Datenbank, generiert ggf. Beweis in angemessener Abstraktionsebene .
4(S) Wie kann ich vorgehen?	Unsicherheit der Schülerin; gibt Initiative zurück .
5(T) Mengengleichungen $X = Y$ können allgemein bewiesen werden indem man zeigt, dass jedes Element d der Menge X auch Element der Menge Y ist und umgekehrt; das heißt d ist Element von X genau dann, wenn es Element von Y ist.	Tutor gibt Definitionsexpansion von $=$ an (essentieller Expansionsschritt).
6(S) Ich brauche eine genauere Erklärung.	Hinweis war unzureichend, daher Unsicherheit.
7(T) Ok, dann klären wir einmal einen Teil davon. Was bedeutet denn Mengengleichheit in unserem Beispiel? Welche Mengen sollen gleich sein?	Tutor will Bezug zwischen generischem und referentiell Objekt herstellen (Definition der Mengengleichheit \leftrightarrow konkrete Beweissituation); dies gelingt in der Folge nicht, daher Fokusverlagerung auf den Bedingungsteil.
...	...
32(S) Dass A Teilmenge von B ist und B Teilmenge von A ist die Bedingung, dass A gleich B ist .	Erwartete Antwort; Tutor wollte sicherstellen, dass Bedingungen und Konklusion richtig eingeordnet wurden.
33(T) Hervorragend . Du hast schon die Bedingung durch Elementbeziehungen ausgedrückt. Wie sieht das bei A gleich B aus?	Tutor erkennt, dass Zusammenhang verstanden ist und es sich vorher nicht um eine Paraphrasierung der Aufgabenstellung handelte; Tutor will explizite Elementbeziehung für Konklusion erfragen; kontextabhängiges Vorgehen .
34(S) A gleich B ist... ich weiss nicht .	Unsicherheit; Schülerin erkennt nicht wie Gleichheitsdefinition aus 5 anzuwenden ist.
35(T) Zwei Mengen sind gleich, falls sie die gleichen Elemente enthalten. In Formeln: $\forall x.(x \in A) \leftrightarrow (x \in B)$	Tutor wechselt Strategie : nun mehr explizit.
36(S) Und jetzt?	Unsicherheit.
37(T) Ok, wir wissen, dass die Voraussetzung ist, dass alle x aus A Element von B sind und alle x aus B Element von A sind, in Formeln: $\forall x.(x \in A) \Rightarrow (x \in B)$ und $\forall x.(x \in B) \Rightarrow (x \in A)$. Und dann ist die Behauptung dass A und B gleich sind. In Formeln: $\forall x.(x \in A) \leftrightarrow (x \in B)$ Warum gilt das?	Tutor gibt Definitionsexpansion von Prämissen und Konklusion explizit an; fragt nach Begründung des fehlenden Schrittes auf Logikebene .
38(S) Gib mir doch einfach den Beweis und ich versuche ihn nachzuvollziehen.	Aufgabe, Forderung nach der vollen Lösung, vermutlich da Logikebene unbekannt .

Dialogauschnitt (B)	Phänomene
[gleiches Beispiel]
12(S) Also, beginnen wir mal mit der Voraussetzung, dass A Teilmenge von B ist. Das bedeutet, dass für alle x Element A gilt, dass x auch Element von B ist. Nimmt man jetzt noch die Voraussetzung B Teilmenge A hinzu, erhält man, dass jedes Element aus B auch Element von A ist. Also ist jedes Element von A auch Element von B und jedes Element von B auch Element von A. Es folgt $A = B$. (hoffentlich)	Macht den Beweis für erste Prämisse explizit , für die zweite Prämisse leicht abgekürzt, zieht Konklusion ohne auf die Expansion der Mengengleichheit explizit einzugehen.
13(T) Sehr gut; kannst Du den "hoffentlich,-Teil genauso explizit angeben?	Tutor fordert Explizitmachung des fehlenden Zwischenschrittes zur Konklusion; ständiger Vergleich des entwickelten Beweises mit dem Musterbeweis .
14(S) Warum?	Unklar ob Frage nach Motivation oder Inhalt.
15(T) Das ist der Zweck der Übung!	Tutor versteht 14 als Frage nach Motivation.
16(S) Was fehlt noch in dem Schritt 12?	Unsicherheit; Student denkt, er sei fertig.
17(T) Sag doch, was Mengengleichheit ist.	Tutor fragt nach Definition der Mengengleichheit.
18(S) Zwei Mengen A und B sind gleich, wenn dieselben Elemente in A und B sind.	Student gibt richtige Definition an; stellt Bezug zwischen referentiellen und generischen Objekten her.
19(T) Prächtig, und wie steht das in Bezug zu dem Schluss von Schritt 12?	Nachfrage nach Explizitmachung des fehlenden Schrittes .
20(S) Ich habe gezeigt, dass die Elemente von A in B enthalten sind und andersrum. Das bedeutet, dass A und B aus denselben Elementen bestehen, also dass Sie gleich sein müssen .	Student liefert fehlenden Schritt korrekt.
21(T) Wunderbar, Du steigst in die Bundesliga auf!	Tutor erkennt, dass der Beweis vollständig ist.

Ergebnisse aus der Vorstudie

- **A** und **B** haben **Schwierigkeiten**, sehr feinkörnige Schritte **auf der Logikebene** explizit zu formulieren
- **A** mit **Tendenz zu Meta-Dialogen** (vermutlich waren methodischen Voraussetzungen nicht klar)
- **Notwendigkeit** zur weiteren **Abstraktion der Beweise** auf höhere Ebenen
- bei freier Dialogführung höhere Anforderungen an die dynamischen mathematischen Wissensquellen

Projekt **MI 3 DIALOG**: Pinkal, Siekmann, Benzmüller
Fortsetzung von Projekt **C 2 LISA**: Pinkal, Siekmann

Ziele

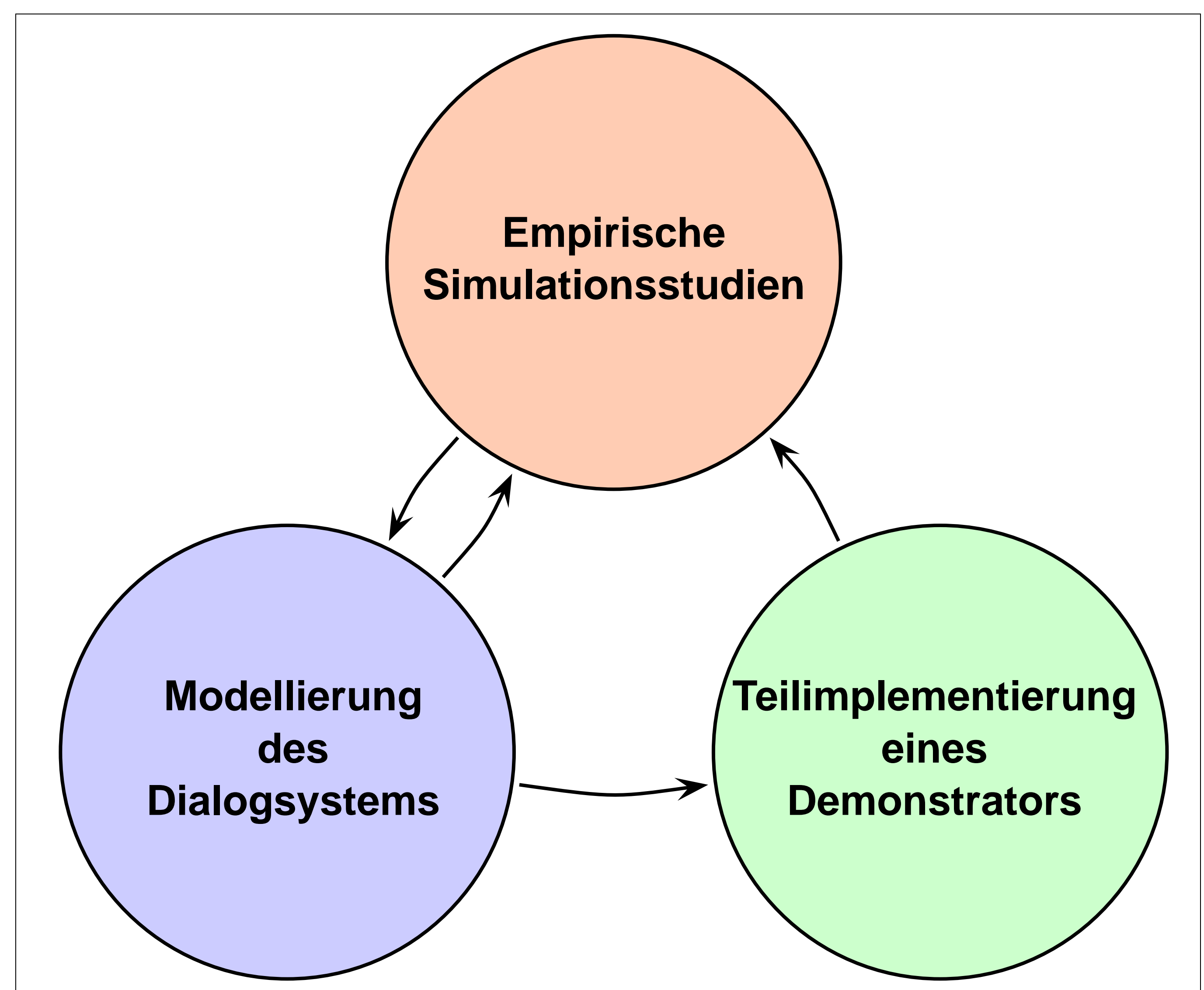
Rahmenvorgaben

- semantisch und pragmatisch anspruchsvolles Szenario
- Adaptation an Benutzerbedürfnisse und -beschränkungen
- mittelfristige technische Realisierbarkeit

Besondere Aspekte

- angemessene Komplexität und Flexibilität der Dialogführung
- angemessene Abstraktionsebene und Granularität der Beweisführung
- geeignete Interaktion der Dialogstruktur mit der Struktur des Tutor-systems und des Beweisers
- geeignete Kombination von Interaktionsmodi in Dialogbeiträgen von Nutzer und System
- robuste, flexible und semantisch verlässliche linguistische Verarbeitung

Methodik



Empirische Simulationsstudien

- aufeinander aufbauende Wizard-of-Oz-Studien mit
- zunehmend realistischen Interaktionsbedingungen (Ein-Ausgabe über Tastatur/Mikrophon/multimodal)
- zunehmend standardisierten oder automatisierten Teilkomponenten (Dialogmaschine, Tutor-system, Beweisplaner, Sprachausgabe)

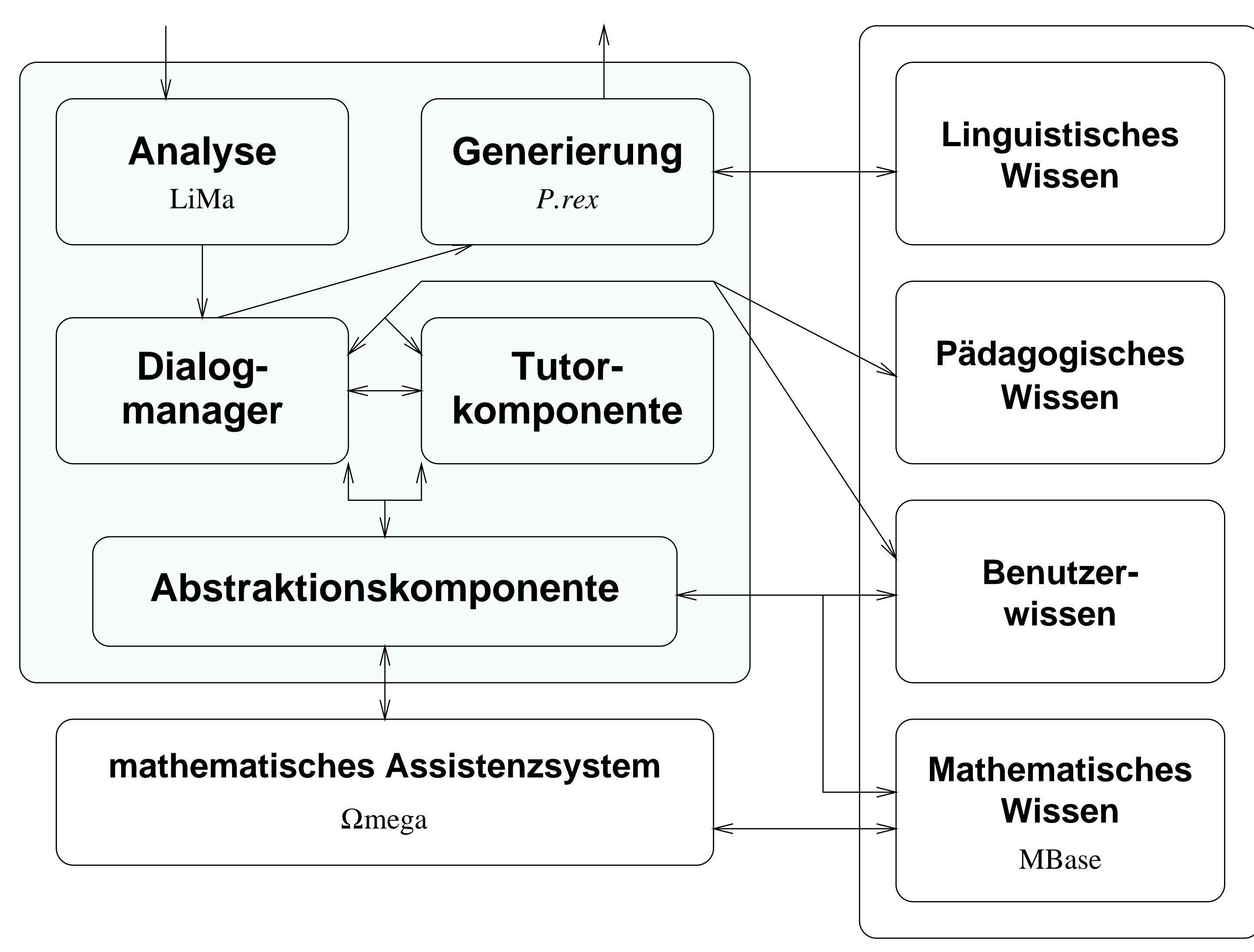
Modellierung des Dialogsystems

- skalierbares und modulares Konzept der Dialogmaschine (Informationszustände, Dialogzüge, Module für Subdialog-Typen)
- Schnittstellen zu Tutor- und Beweissystem
- Sprachschnittstellen (Analyse und Generierung)

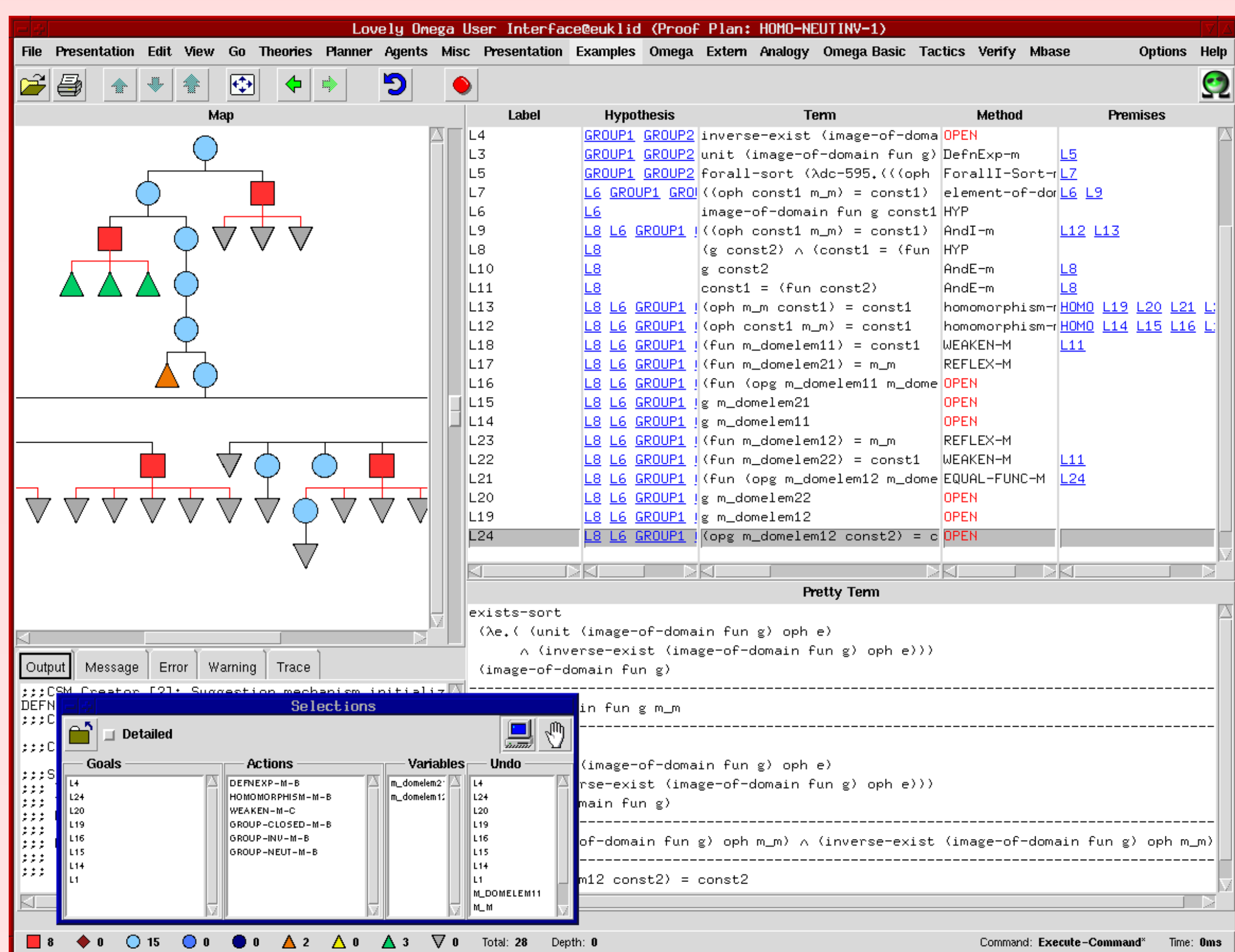
Implementierung eines Demonstrators

- weit gehende Ausnutzung bestehender Komponenten
- selektive Realisierung von Komponenten
- partielle Realisierung komplexer tutorieller Sitzungen (in Arbeitsteilung mit präsentationsbasiertem Tutor-system)

Übersicht über Gesamtarchitektur



Projekt **MI 3 DIALOG**: Pinkal, Siekmann, Benz Müller
Fortsetzung von Projekt **C 2 LISA**: Pinkal, Siekmann



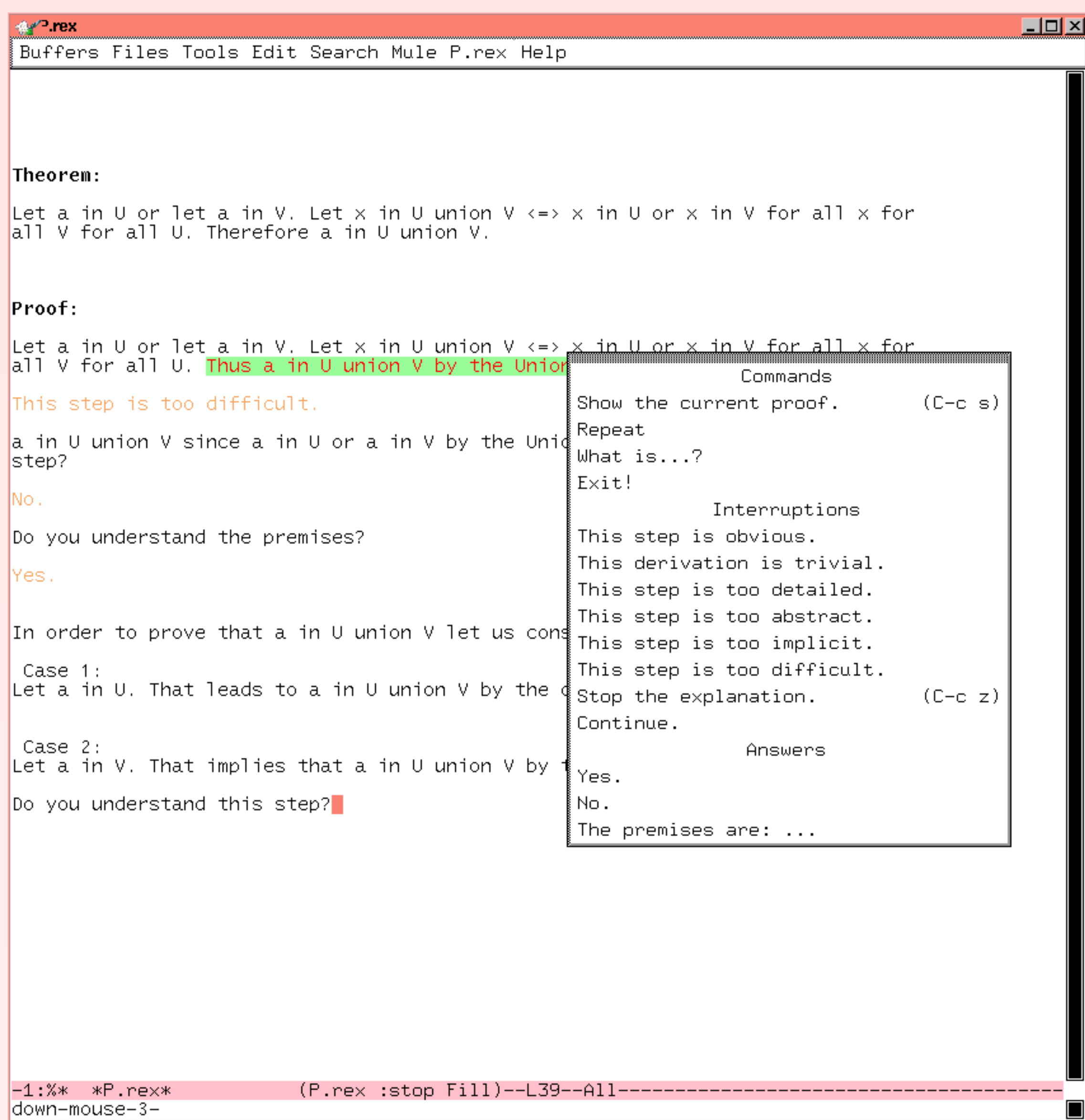
ΩMEGA

Mathematisches Assistenzsystem

- basiert auf domänenunabhängigem **wissensbasiertem Beweisplaner**
- kombiniert domänenspezifische **Beweismethoden** mit domänenspezifischem **mathematischem Vorgehenswissen**
- integriert spezialisierte Deduktions- und Berechnungssysteme

Diskussion

- + auf verschiedene mathematische Domänen anpassbar
- + ressourcenadaptiv: Verfügbarkeit des mathematischen Wissens, Verfügbarkeit der Spezialverfahren und -komponenten
- keine natürlichsprachliche Benutzerschnittstelle



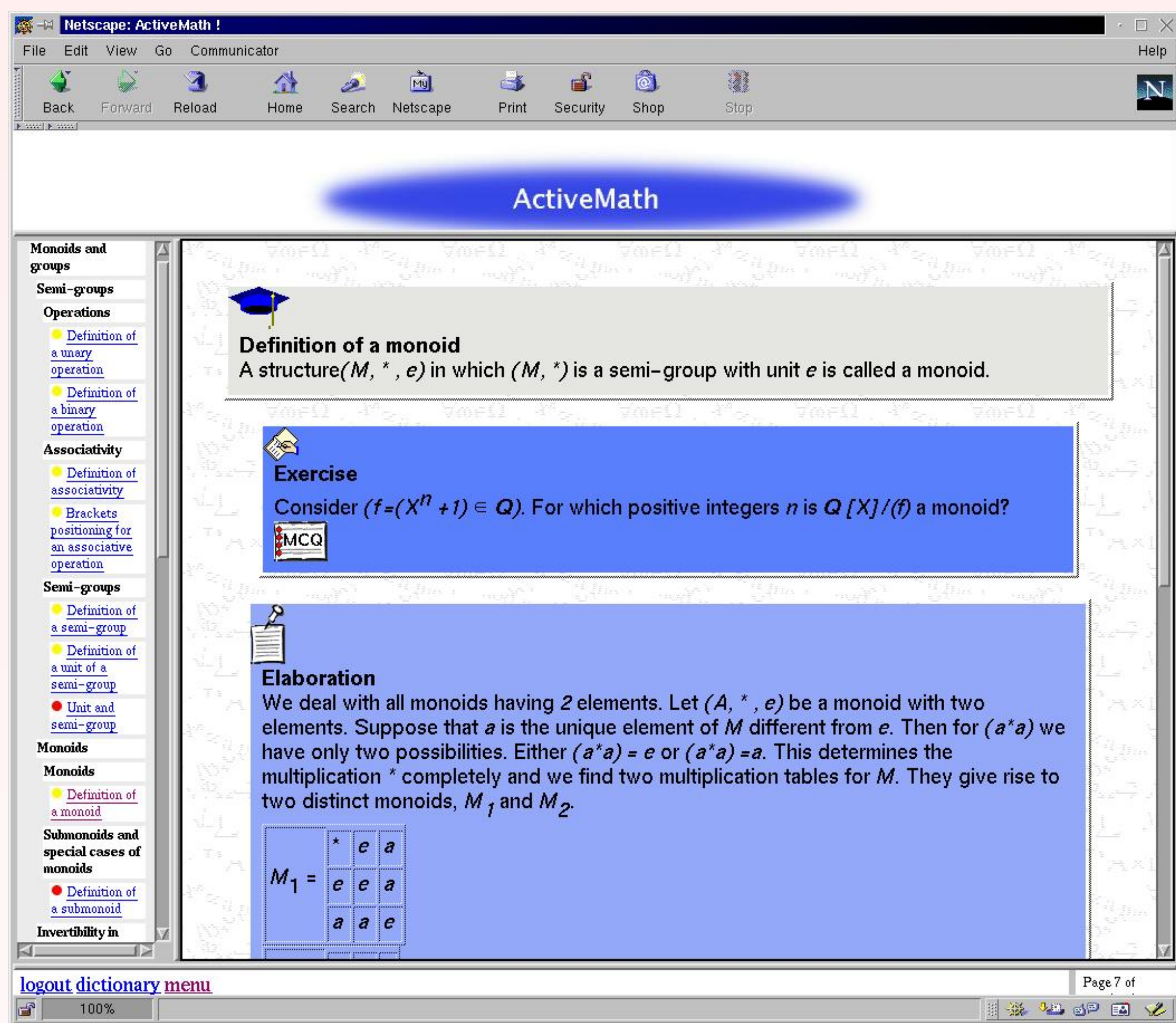
P.rex

Interaktives, benutzeradaptives Beweiserklärungssystem

- basiert auf **wissensbasiertem Dialogplaner**
- kombiniert **RST-ähnliche Planoperatoren** mit **Schemata**
- verwendet domänenspezifisches **Präsentationswissen**

Diskussion

- + benutzeradaptive interaktive Beweiserklärung
- + ressourcenadaptiv: Wissen des Benutzers, Erinnerungsvermögen des Benutzers
- + / – eingeschränkt dialogfähig
- nur pseudo-natürlichsprachliche Eingabe, keine multimodale Darstellung



ACTIVE MATH

Lernumgebung für Mathematik

- basiert auf **Präsentationsplaner**
- kombiniert **didaktisches Wissen** und **didaktische Metadaten**
- integriert externe Spezialsysteme und eine mathematische Datenbank

Diskussion

- + benutzeradaptive Lehrstoffauswahl
- + ressourcenadaptiv: Wissen des Benutzers
- + / – natürlichsprachliche Ausgabe nur über vorformulierte Textblöcke
- kein Dialog, keine natürlichsprachliche Eingabe

Projekt **MI 3 DIALOG**: Pinkal, Siekmann, Benzmüller
Fortsetzung von Projekt **C 2 LISA**: Pinkal, Siekmann

