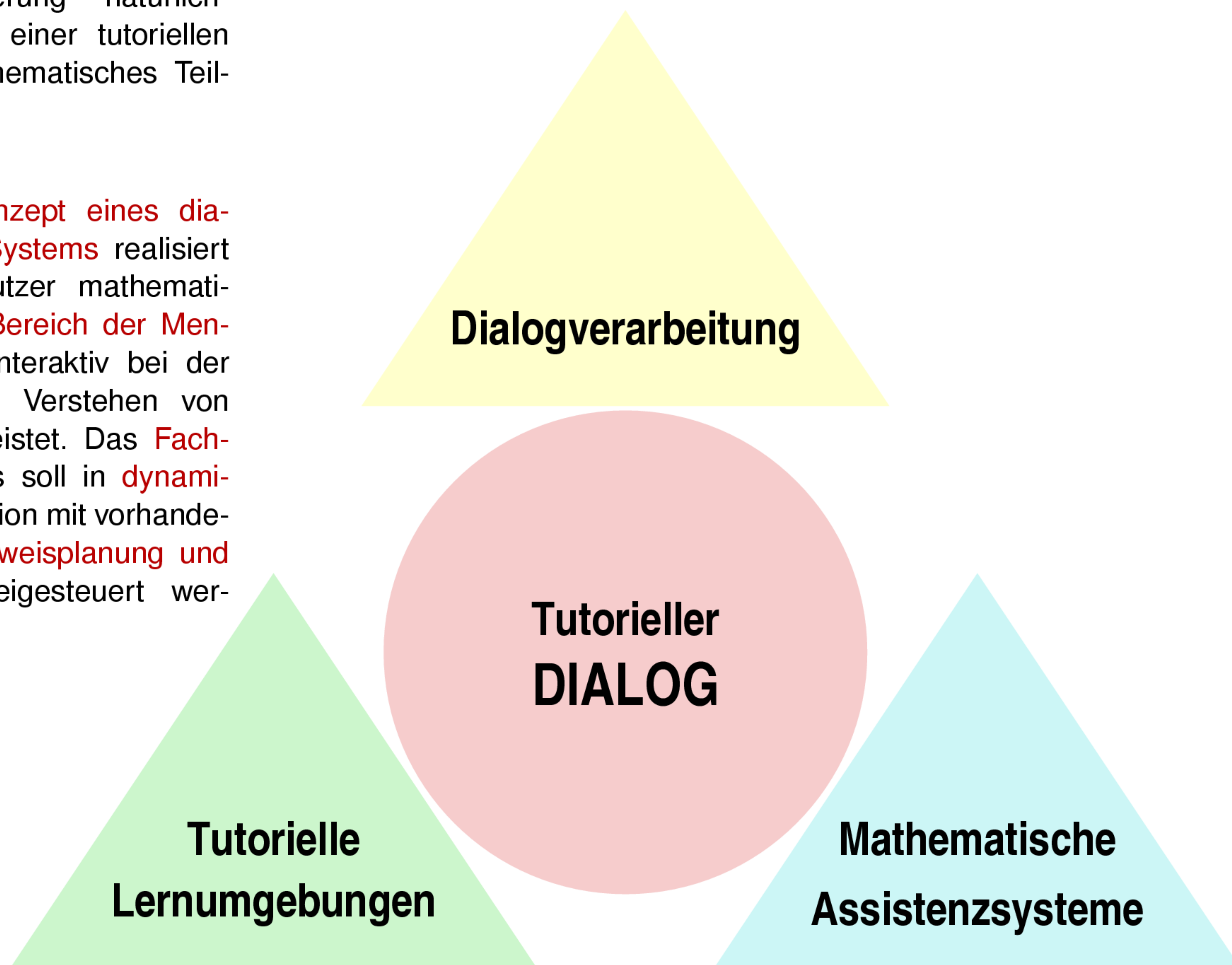


Projekt **MI 3 DIALOG**: Pinkal, Siekmann, Benzmüller  
Fortsetzung von Projekt **C 2 LISA**: Pinkal, Siekmann

## 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

### Grundausrüstung

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)

### Ergänzungsausrüstung

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

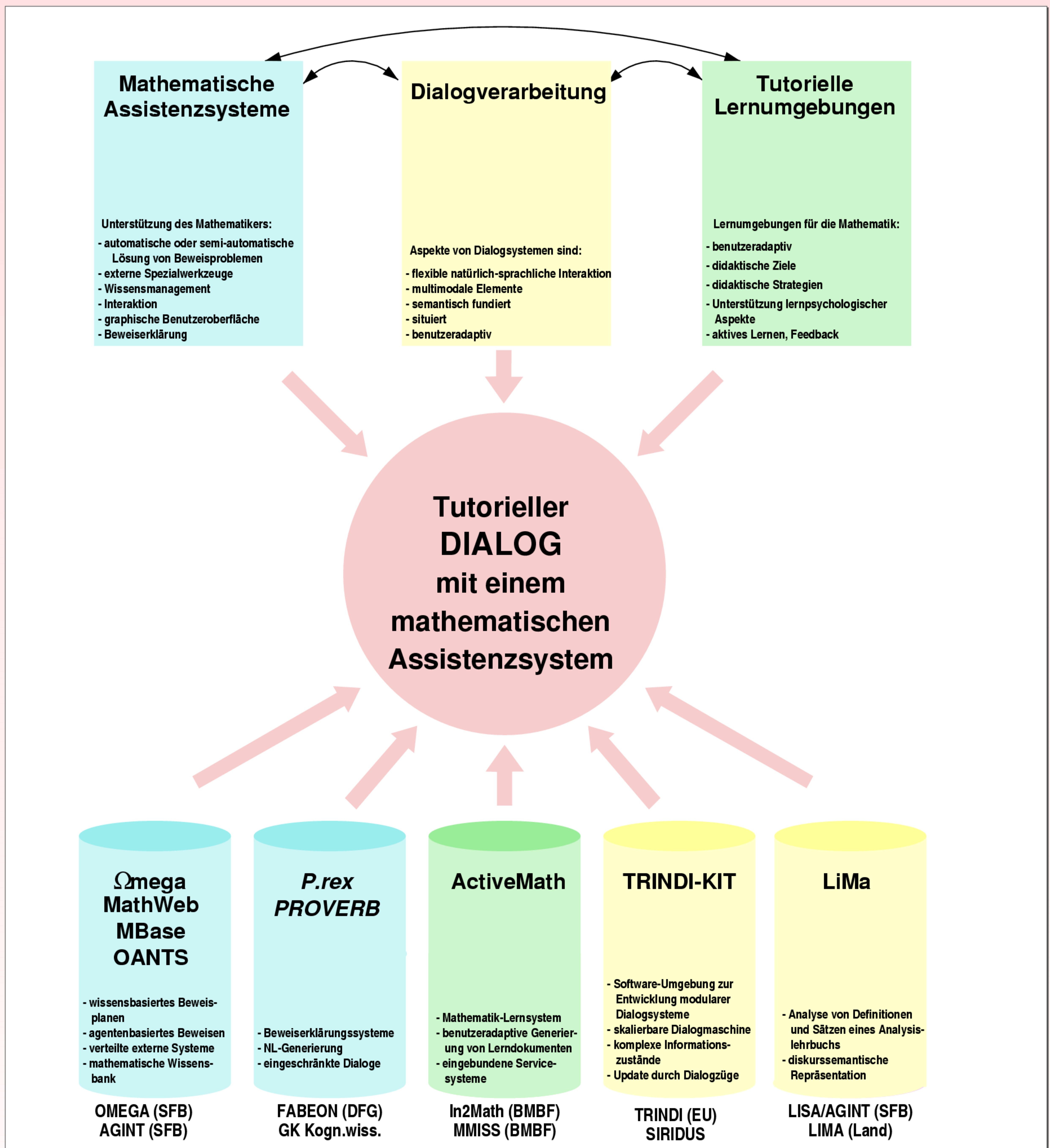
Nachfolge Projekt C2 LISA



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

## Ziele

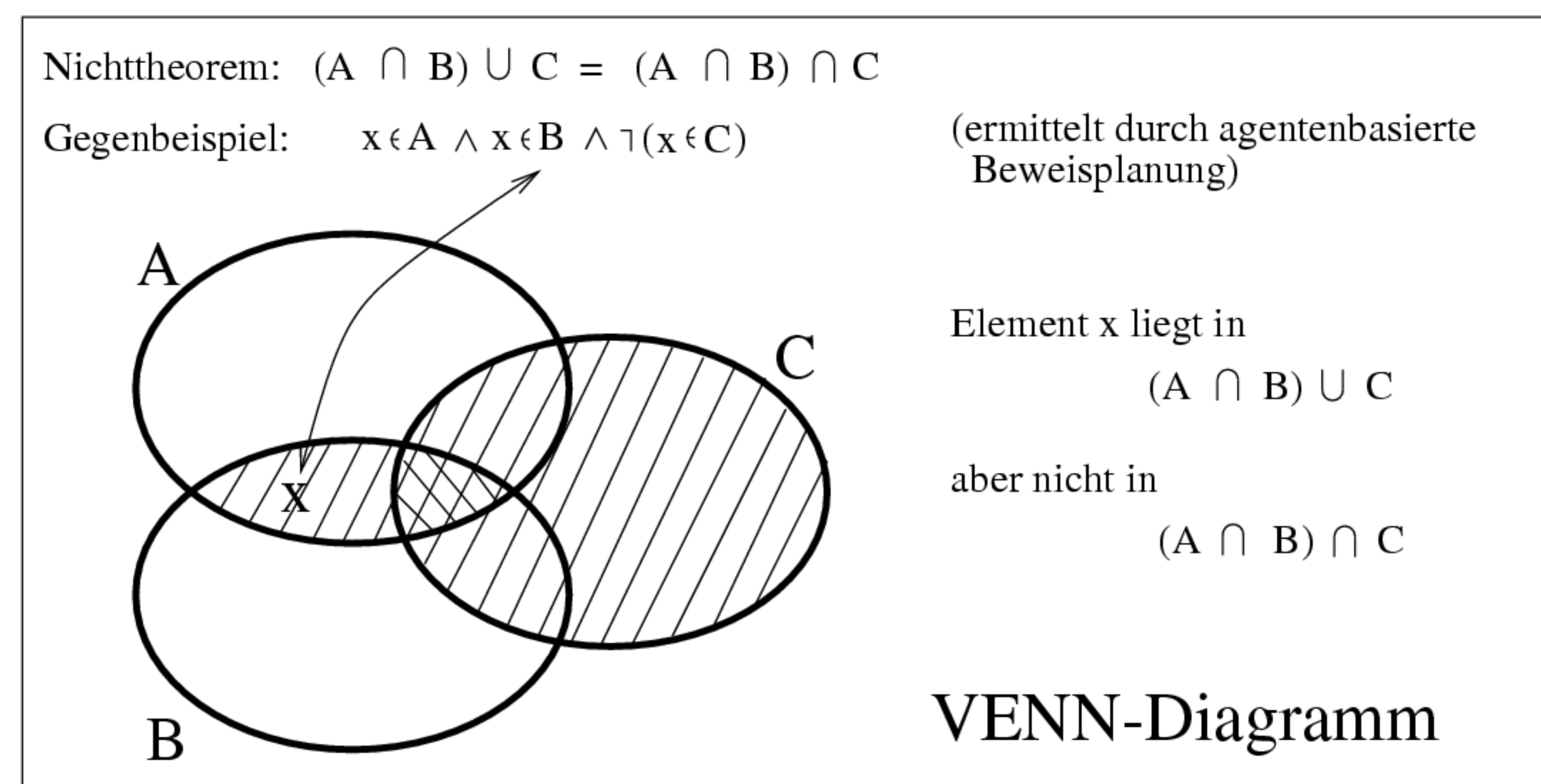
- Natürlich-sprachlicher Dialog in
- einer tutoriellen Anwendung für
- ein mathematisches Teilgebiet
- Empirische Untersuchungen
- Modellierung
- Implementierung





## Domäne: Naive Mengenlehre

- setzt **wenig Vorkenntnisse** bei Probanden voraus
- durch (agentenbasierte) Beweisplanung in  $\Omega$ 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; <b>verschiedene Arten der Referenzierung</b> möglich.
2(S) Ich wähle Beispiel 1. 3(T) Ok, gut. <b>Wie möchtest Du vorgehen?</b>	Auswahl eindeutig durch Nummerierung. Tutor übergibt <b>Initiative an Benutzer</b> ; extrahiert Beweis aus math. Datenbank, generiert ggf. Beweis in angemessener <b>Abstraktionsebene</b> .
4(S) <b>Wie kann ich vorgehen?</b> 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.	Unsicherheit der Schülerin; gibt <b>Initiative zurück</b> . Tutor gibt <b>Definitionsexpansion</b> von $=$ an (essentieller Expansionsschritt).
6(S) Ich brauche eine genauere Erklärung. 7(T) Ok, dann klären wir einmal einen Teil davon. Was bedeutet denn Mengengleichheit in unserem Beispiel? <b>Welche Mengen sollen gleich sein?</b>	Hinweis war unzureichend, daher Unsicherheit. Tutor will <b>Bezug zwischen generischem und referentiell Objekt</b> herstellen (Definition der Mengengleichheit $\leftrightarrow$ konkrete Beweissituation); dies gelingt in der Folge nicht, daher <b>Fokusverlagerung</b> auf den Bedingungsteil.
... 32(S) Dass $A$ Teilmenge von $B$ ist und $B$ Teilmenge von $A$ ist die <b>Bedingung</b> , dass $A$ gleich $B$ ist.	... Erwartete Antwort; Tutor wollte sicherstellen, dass Bedingungen und Konklusion richtig eingeordnet wurden.
33(T) <b>Hervorragend</b> . Du hast schon die Bedingung durch Elementbeziehungen ausgedrückt. <b>Wie sieht das bei <math>A</math> gleich <math>B</math> aus?</b>	Tutor erkennt, dass Zusammenhang verstanden ist und es sich vorher nicht um eine <b>Paraphrasierung der Aufgabenstellung</b> handelte; Tutor will explizite Elementbeziehung für Konklusion erfragen; <b>kontextabhängiges Vorgehen</b> .
34(S) $A$ gleich $B$ ist... <b>ich weiss nicht</b> .	Unsicherheit; Schülerin <b>erkennt nicht wie Gleichheitsdefinition</b> aus 5 anzuwenden ist.
35(T) <b>Zwei Mengen sind gleich</b> , falls sie die gleichen Elemente enthalten. In Formeln: $\forall x.(x \in A) \Leftrightarrow (x \in B)$ 36(S) Und jetzt? 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? 38(S) <b>Gib mir</b> doch einfach den <b>Beweis</b> und ich versuche ihn nachzuvollziehen.	Tutor <b>wechselt Strategie</b> : nun mehr explizit.  Unsicherheit. Tutor gibt <b>Definitionsexpansion von Prämissen und Konklusion explizit</b> an; fragt nach Begründung des <b>fehlenden Schrittes auf Logikebene</b> .  Aufgabe, Forderung nach der vollen Lösung, vermutlich da <b>Logikebene unbekannt</b> .

Dialogauschnitt (B)	Phänomene
[gleiches Beispiel] ... 12(S) <b>Also, beginnen wir mal mit der Voraussetzung, dass <math>A</math> Teilmenge von <math>B</math> ist. Das bedeutet, dass für alle <math>x</math> Element <math>A</math> gilt, dass <math>x</math> auch Element von <math>B</math> ist.</b> Nimmt man jetzt noch die Voraussetzung $B$ Teilmenge $A$ hinzu, erhält man, dass jedes Element aus $B$ auch Element von $A$ ist. <b>Also ist jedes Element von <math>A</math> auch Element von <math>B</math> und jedes Element von <math>B</math> auch Element von <math>A</math>. Es folgt <math>A = B</math>.</b> (hoffentlich) 13(T) Sehr gut; kannst Du den "hoffentlich,-Teil genauso explizit angeben?	... Macht den <b>Beweis für erste Prämisse explizit</b> ,  für die zweite Prämisse leicht abgekürzt,  zieht Konklusion ohne auf die Expansion der Mengengleichheit explizit einzugehen.  Tutor <b>fordert Explizitmachung des fehlenden Zwischenschrittes</b> zur Konklusion; ständiger Vergleich des entwickelten Beweises mit dem <b>Musterschritt</b> .  Unklar ob Frage nach Motivation oder Inhalt. Tutor versteht 14 als Frage nach Motivation.  Unsicherheit; Student denkt, er sei fertig. Tutor <b>fragt nach Definition</b> der Mengengleichheit. Student gibt <b>richtige Definition</b> an; stellt Bezug zwischen <b>referentiellen und generischen Objekten</b> her. Nachfrage nach <b>Explizitmachung des fehlenden Schrittes</b> . Student <b>liefert fehlenden Schritt</b> korrekt.
14(S) Warum? 15(T) Das ist der Zweck der Übung! 16(S) Was fehlt noch in dem Schritt 12? 17(T) Sag doch, was <b>Mengengleichheit</b> ist. 18(S) <b>Zwei Mengen <math>A</math> und <math>B</math> sind gleich, wenn dieselben Elemente in <math>A</math> und <math>B</math> sind.</b>  19(T) Prächtig, und wie steht das in Bezug zu dem Schluss von Schritt 12? 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. 21(T) Wunderbar, Du steigst in die Bundesliga auf!	         Tutor erkennt, dass der <b>Beweis vollständig</b> 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, Benz Müller  
Fortsetzung von Projekt **C 2 LISA**: Pinkal, Siekmann

## Ziele

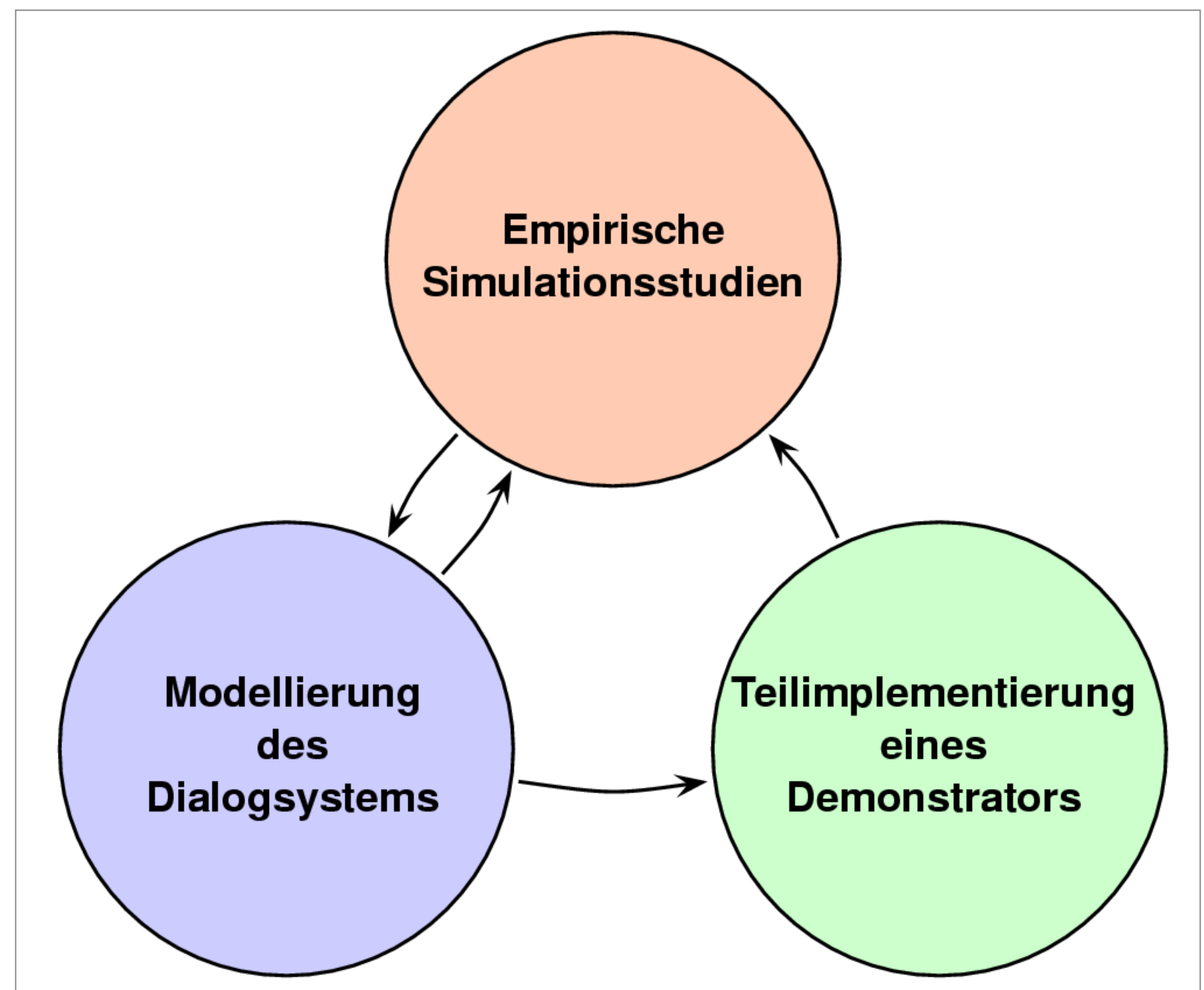
### Rahmenvorgaben

- 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)

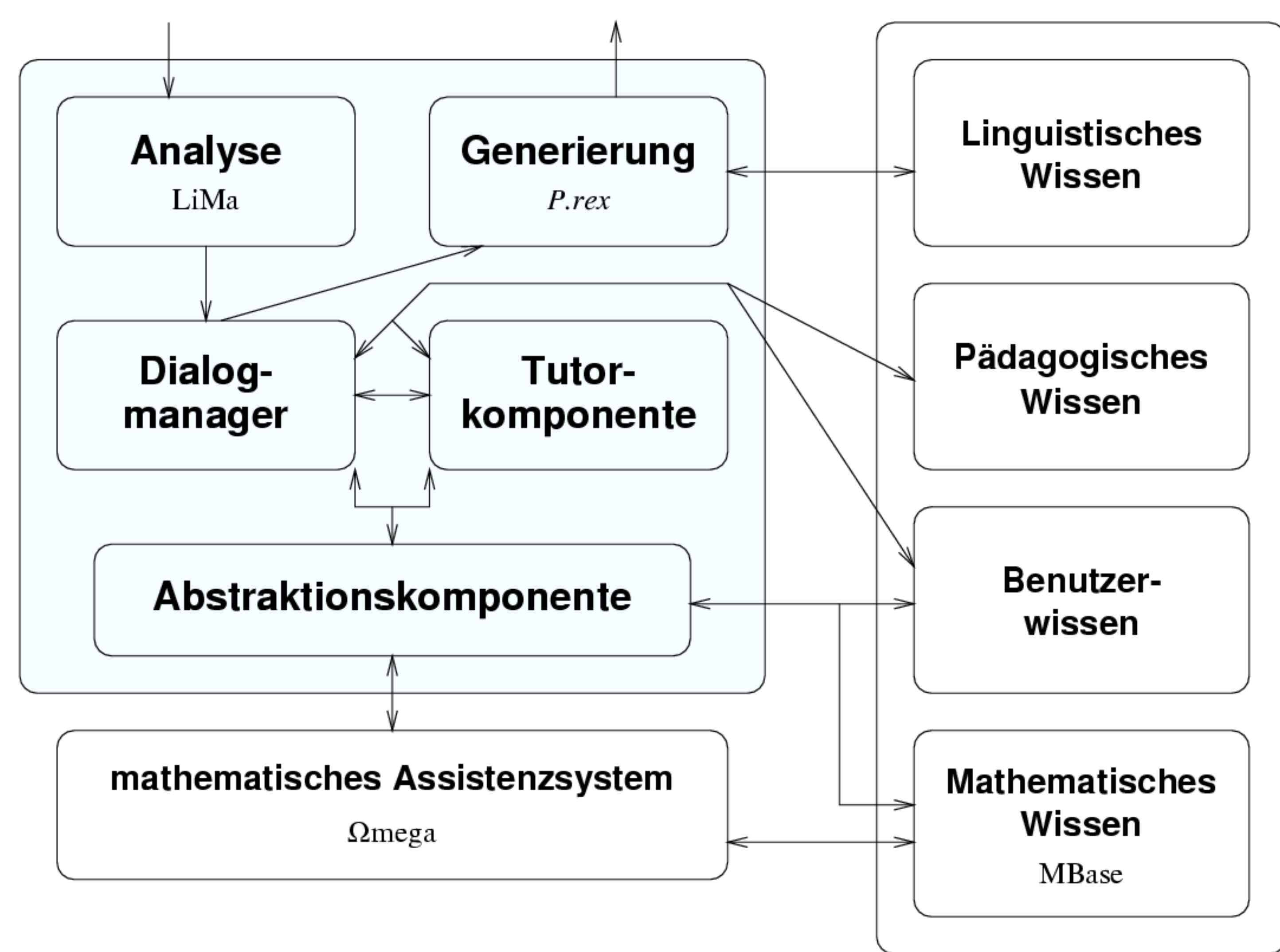
### Modellierung des Dialogsystems

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

### Implementierung eines Demonstrators

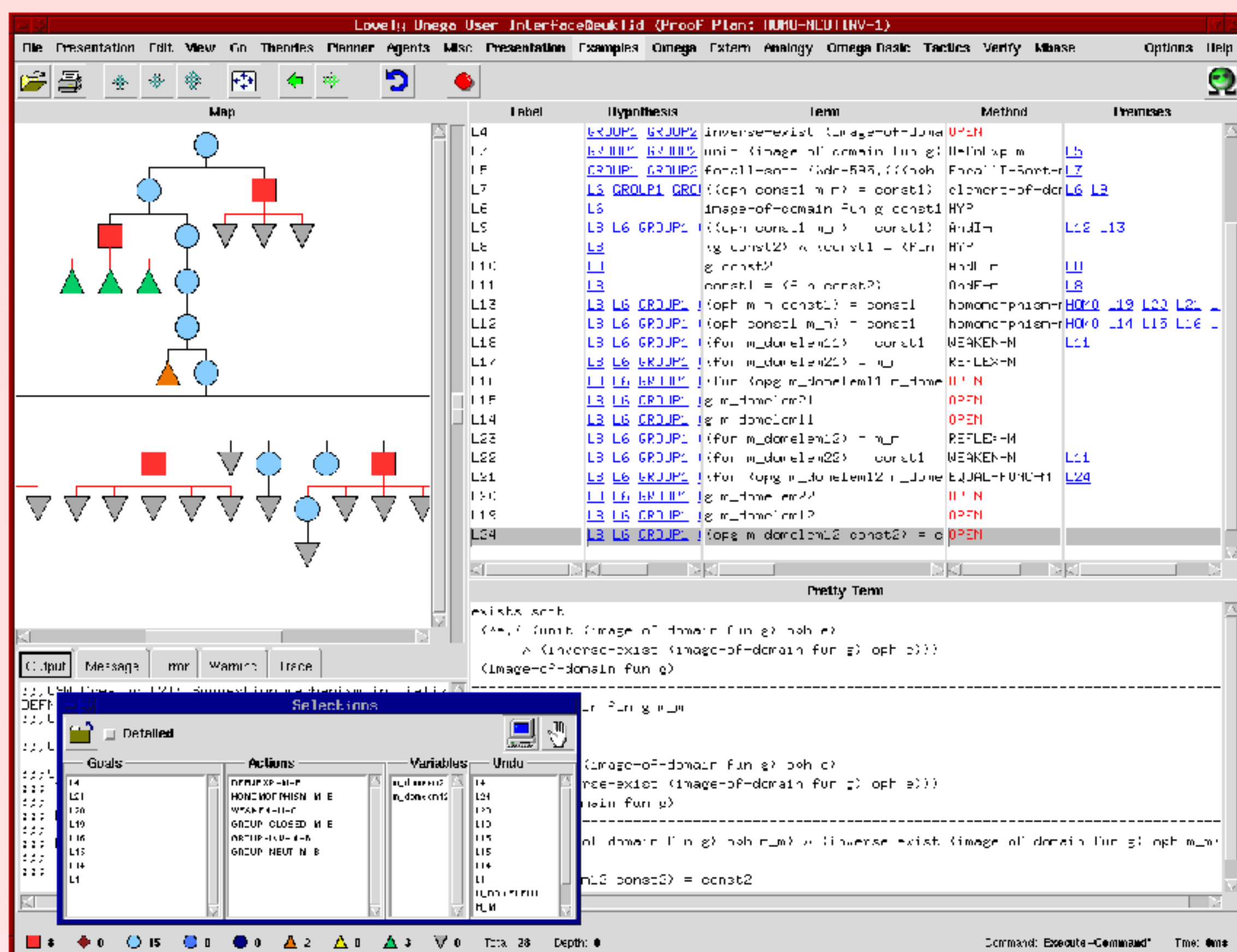
- weit gehende Ausnutzung bestehender Komponenten
- selektive Realisierung von Komponenten
- partielle Realisierung komplexer tutorieller Sitzungen (in Arbeitsteilung mit präsentationsbasiertem Tutor-system)

## Übersicht über Gesamtarchitektur





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



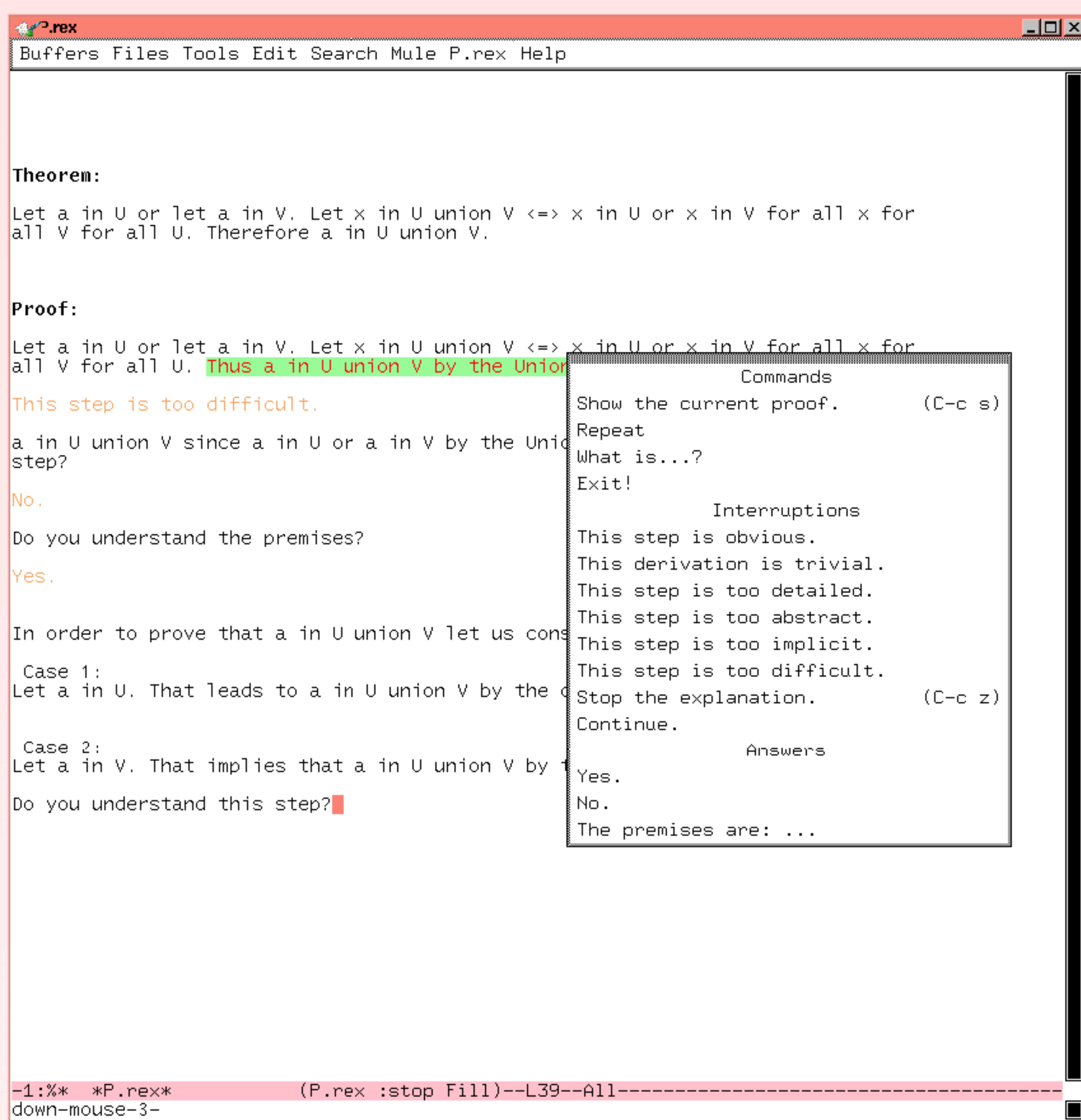
## ΩMEGA

### 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



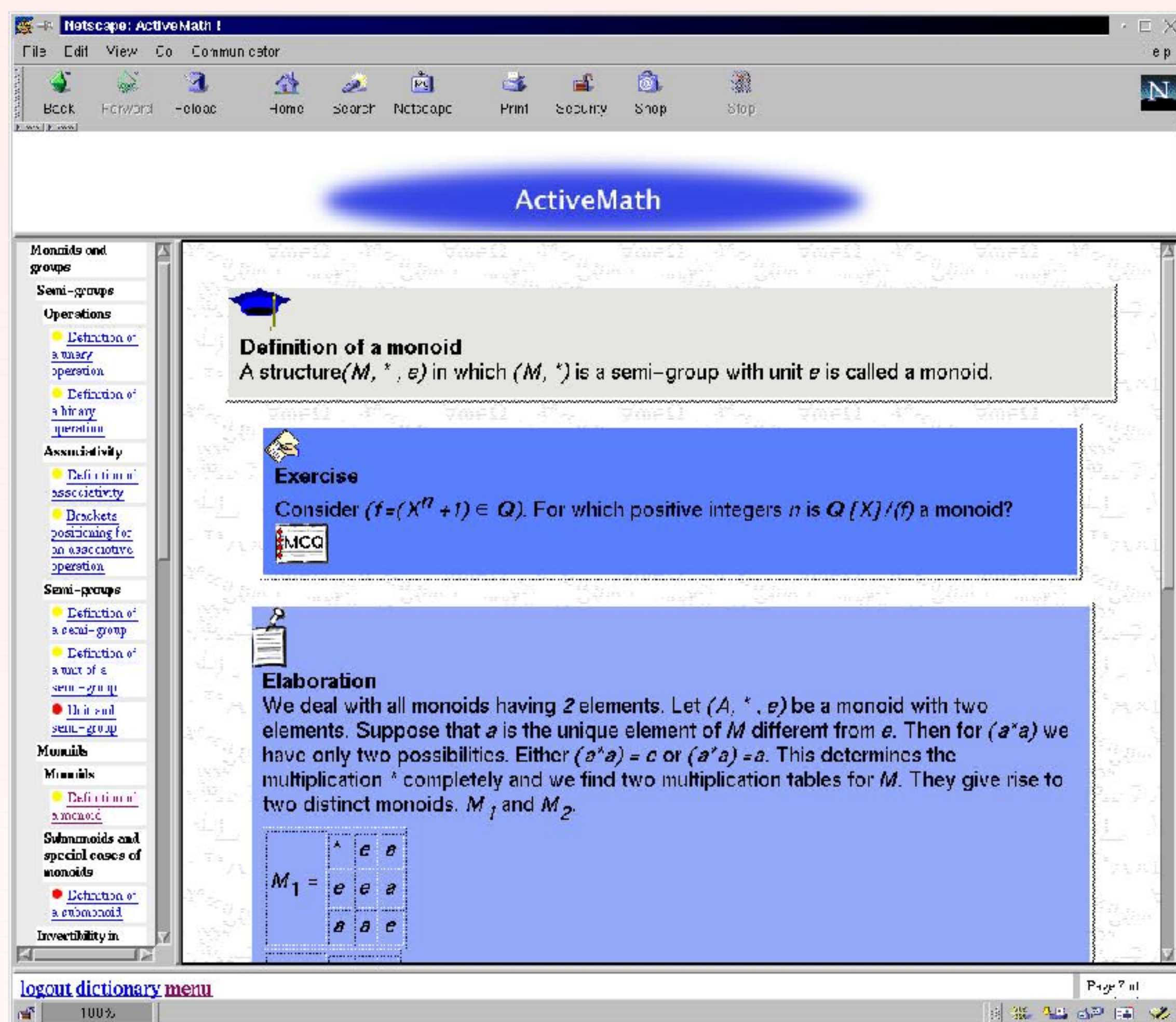
## P.rex

### 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

