

Wie kann symbolische KI in der Gestaltung von Studiengängen helfen?



Markus von der Heyde

SemaLogic UG, Weimar



CAVAS+
Computer-Assistenz zur Verifizierung und
Akkreditierung von Studienordnungen

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Status quo der universitären Digitalisierung

Kernprobleme:

- weniger als 40% der Lösungen bieten
 - Schnittstellen
 - Integration mit anderen Diensten
 - Qualitätssicherung
- meist digital isoliert
- Austausch über “standard” Office Tools



Was wäre wenn...

Studierende / Beratung
(Studienverlaufsplanung)

- leicht zu schreiben und zu lesen
- verständlich für alle Zielgruppen
- vollständig, eindeutig und widerspruchsfrei
- vielfältig verwendbar

Verwaltungspersonal
(Prüfung von Ordnungen)

Lehrende
(Entwurf von Ordnungen)

Studien-
ordnung

Lehrplaner
(Koordination des Lehrangebots)

Was ist symbolische KI

~ 1950-1990 der vorherrschende KI-Ansatz:

- Wissensbasierte Systeme / Expertensysteme
- Symbolische Mathematik
- Automatische Beweise, Schlussfolgerungen

Heute:

- Automatische Beweise
- Erfüllbarkeit
- Ontologien
- Semantic Web

Potential der symbolischen KI

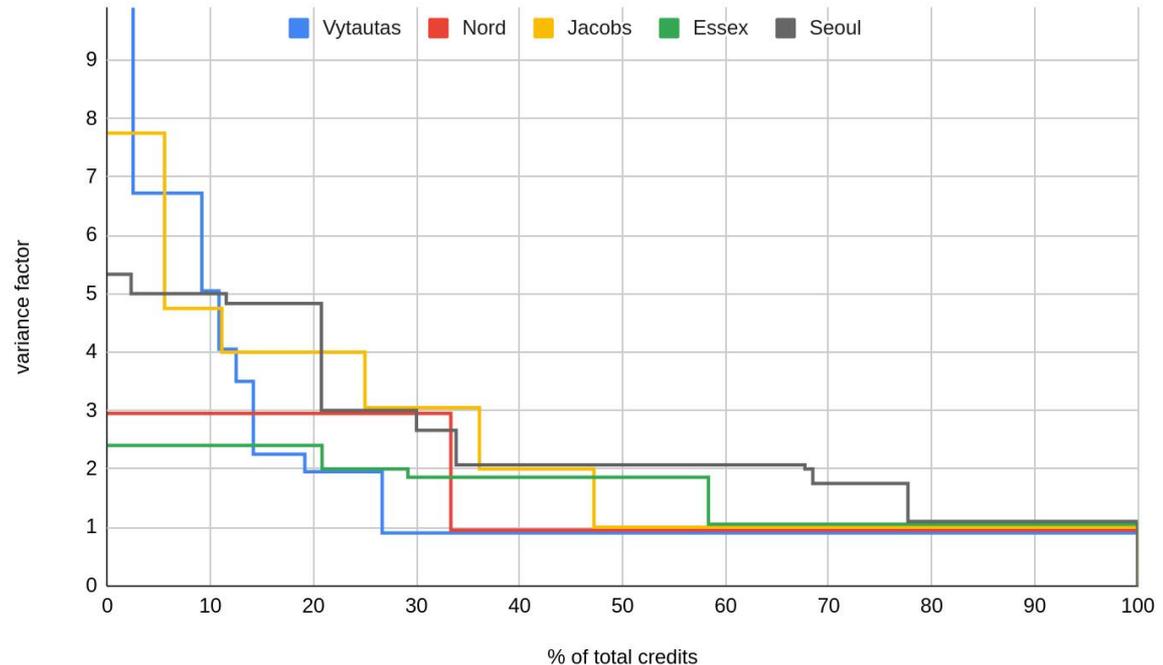
zur automatisierte Beantwortung von Fragen wie:

- Ist die Ordnung studierbar? Sind die Studienanforderungen im gegebenen Zeitraum abbildbar? Wo bestehen Engpässe in Abfolgen, die Risiken für Studierende bedeuten?
- Wäre im bisherigen Kursangebot die Ordnung studierbar? Wäre mit den bisherigen Bestehensquoten die Ordnung studierbar? Wo entstehen systematische Engpässe?
- Welche Alternativen im Studienablauf (d.h. welche Freiheitsgrade) haben Studierende, um die ECTS-Anforderungen zu erfüllen? Wie viele Entscheidungen müssen sie treffen?
- Wie verhalten sich verschiedene Ordnungen in den o.g. Aspekten zueinander? An welchen Stellen bestehen kritische Inkonsistenzen mit der Rahmenprüfungsordnung? Inwieweit sind die ermittelten Eigenschaften kompatibel mit der strategischen Ausrichtung der Universität?
- Welche Lehrkapazität ist für welche Studierendenzahlen nötig? Welche Verteilung der Lehrkapazität bringen die definierten Wahloptionen und Häufigkeiten von Modulen mit sich?
- Wie robust ist die Ordnung? Wie viele Lehrkräfte können für welchen Zeitraum ausfallen, ohne das Studienangebot zu gefährden? Wo sind Sabbaticals systematisch erschwert?

Beispiel: Freiheitsgrade von Studienordnungen

Histogramm entlang des Anteils an den erforderlichen Credits

- Abweichung von 1
→ Pflichtfächer
- Abweichung von 1 bis 3
→ Spezialisierung im
gewählten Fach
- Abweichung > 3
→ häufig Themen der
Allgemeinbildung



Was definiert eine Studienordnung?

Logischer Operatoren	Anzahl	Anteil
UND	451	26%
ODER	289	17%
NICHT	64	4%
VOR/NACH // Bedingt	278	16%
Boolesche Wertzuweisung	41	2%
Check von Vorgaben	160	9%
Mathematische Ausdrücke	228	13%
Einfache Mathematik	36	2%
Gruppenbildung	171	10%
Empfehlung	28	2%

62% klassische boolesche Operatoren

38% Nebenbedingungen für PStO spezifische Formulierungen

Stichprobe: 20 Hochschulen
→ knapp 90 Regeln / PStO

Sprache ist mehrdeutig **oder einfach falsch**

Wer das Wahlpflichtmodul WP 76 wählt, darf nicht die Wahlpflichtmodule WP 30 und WP 40 wählen.

Das Studium umfasst 13 Pflichtmodule im Pflichtbereich A, B und C sowie 7 Wahlpflicht-module im mathematischen Wahlpflichtbereich und 6 Pflichtmodule eines Plans im wirtschafts- wissenschaftlichen Wahlpflichtbereich, die jeweils eine Schwerpunktsetzung nach Wahl der bzw. des Studierenden ermöglichen.

§5 (1) Die Regelstudienzeit im Bachelorstudiengang [xx] beträgt vier Studienjahre (**acht** Semester).

§5 (2) Das Studium umfasst in der Regel pro Semester **30** ECTS-Credits und demnach insgesamt **120** ECTS-Credits.

Wie werden Sprachen benutzt?

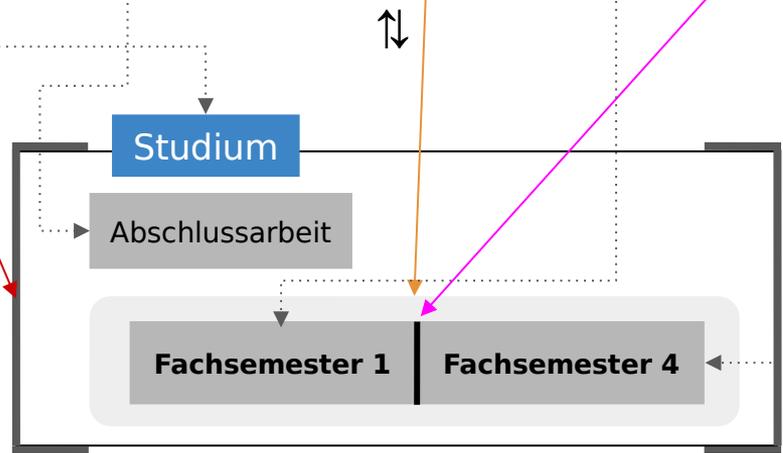
- Wie benutzen unterschiedliche Repräsentationen
- Enthaltener Sinn (=Semantik) sollte identisch bleiben
- Menschen können intuitiv natürliche und formale Sprache verstehen
- Mein Computer “versteht” (=kann damit arbeiten) die formale und technische Sprache

→ Formale Sprache als Überschneidung zwischen Menschen und Computern zum Lesen und Schreiben von Regeln

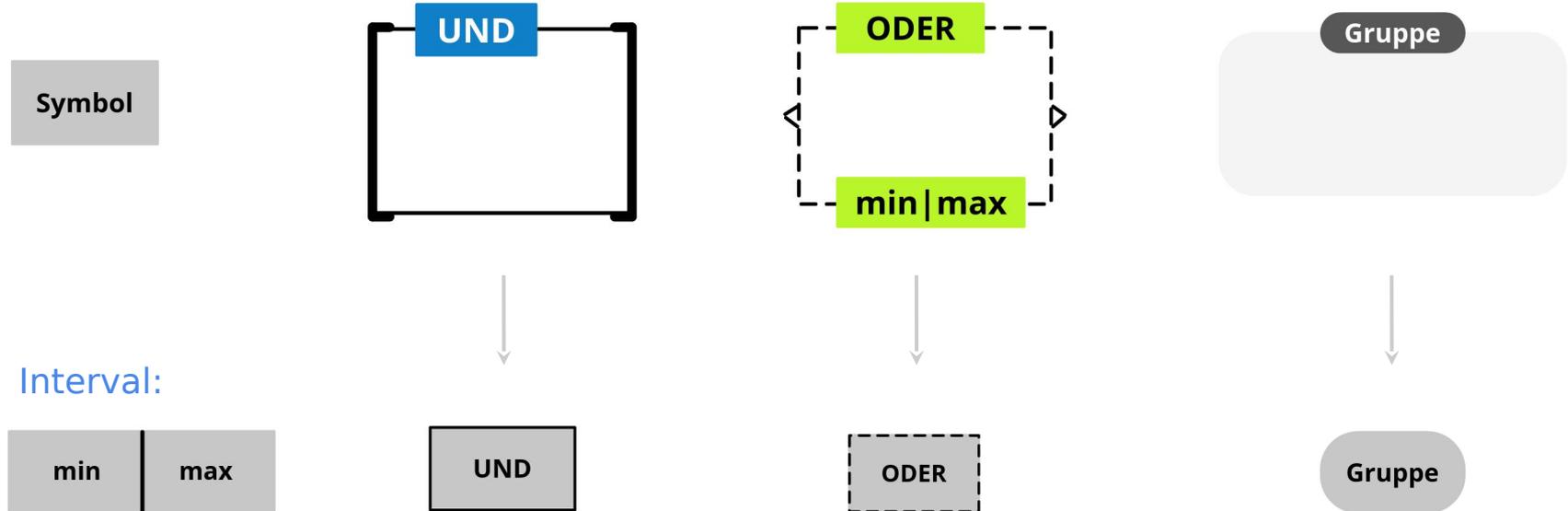
	Natural Language	Formal Specification Language	Technical Language
brief definition	<p>... is the normal language people use to communicate. The focus here is on legal language in the context of study regulations, so the use of figurative and artistic descriptions is not expected.</p>	<p>... is a simplified language style that follows a standardised grammatical structure. A set of keywords start rules that define the intended logical structures.</p>	<p>... is a context-based programming language in which a predefined set of keywords allows rules to be formalised.</p>
example	<p>The master's degree program in [] consists of the following components:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Master Thesis • Mandatory Modules • Optional Modules 	<p>The name of master's degree program is called []. This master's degree program consists of the Master Thesis, the mandatory modules and the optional modules.</p>	<pre>name:master's degree program := Cognitive Systems; master's degree program [Master Thesis, Mandatory Modules, Optional Modules];</pre>
typical use case	<p>Natural usage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Written statements in a study regulation <p>Technical usage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Static form e.g. PDFs • Natural language processing and translations 	<p>Natural usage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Formal definition as a future form of study regulations • Collaborative editing <p>Technical usage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Version-controlled representation of rules • Baseline for dynamic feedback 	<p>Natural usage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Programming language for experts <p>Technical usage:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Validation of rules • Symbolic handling of contained rules

Die Sprache SemaLogic

Das Studium besteht aus einer Abschlussarbeit und umfasst Fachsemester 1 bis Fachsemester 4 als Elemente.



Semantik der Struktur-Elemente



SemaLogic analysiert, während man tippt... - just edit

- Validierung der Repräsentation in Echtzeit
- Erweiterung vom Obsidian Markdown editor mit einem Plugin
- Dynamisch erstellt SVGs als Darstellung vom semantischen Baum
- Rückmeldungen werden direkt in die Abbildung integriert.

§ 1 Scope

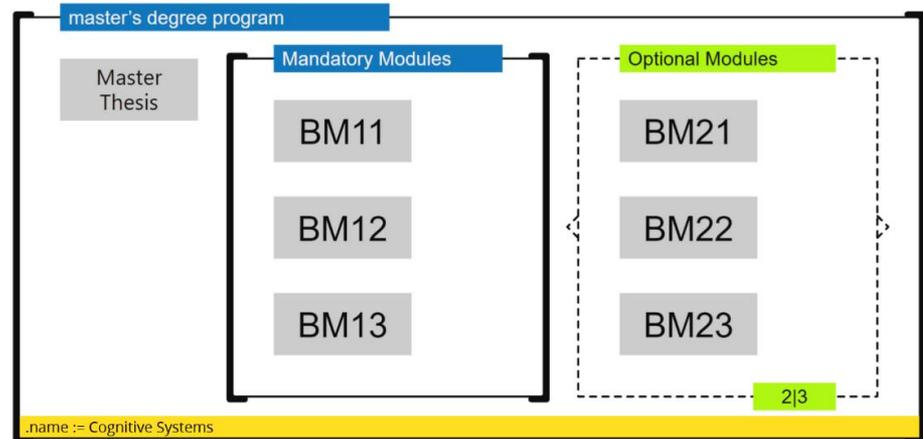
...
The name of master's degree program is called Cognitive Systems. This master's degree program consists of the Master Thesis, the Mandatory Modules and the Optional Modules.
...

As regulations for this specific program, they supplement the new version of the general study and examination regulations for non teacher training related bachelor's and master's degree programs at the University of Potsdam of January 30, 2013 (BAMA O).
...

In case of any inconsistencies between these regulations and BAMA O, BAMA O shall have priority over these regulations.
...

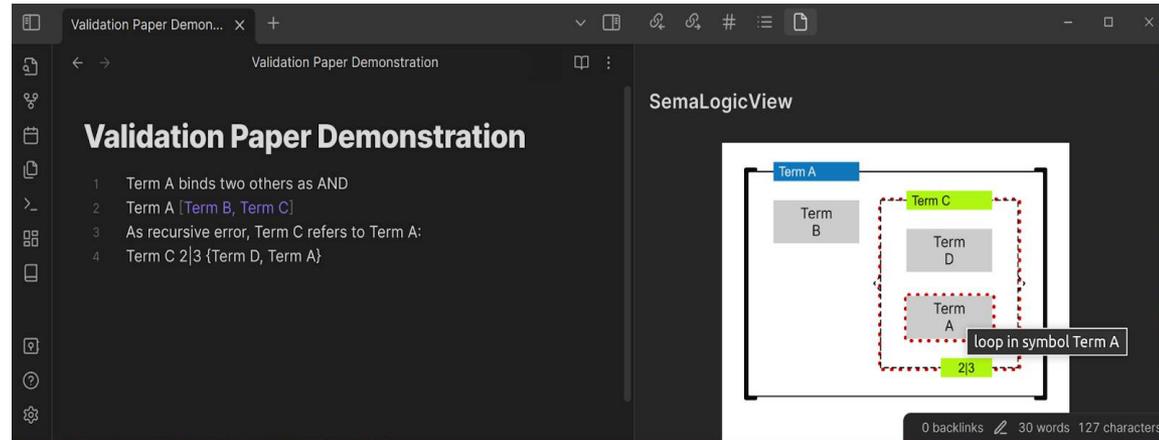
The mandatory modules contains the modules BM11, BM12 and BM13.
...

In the optional modules you can choose 2 till 3 from the modules BM21, BM22, BM23.
...

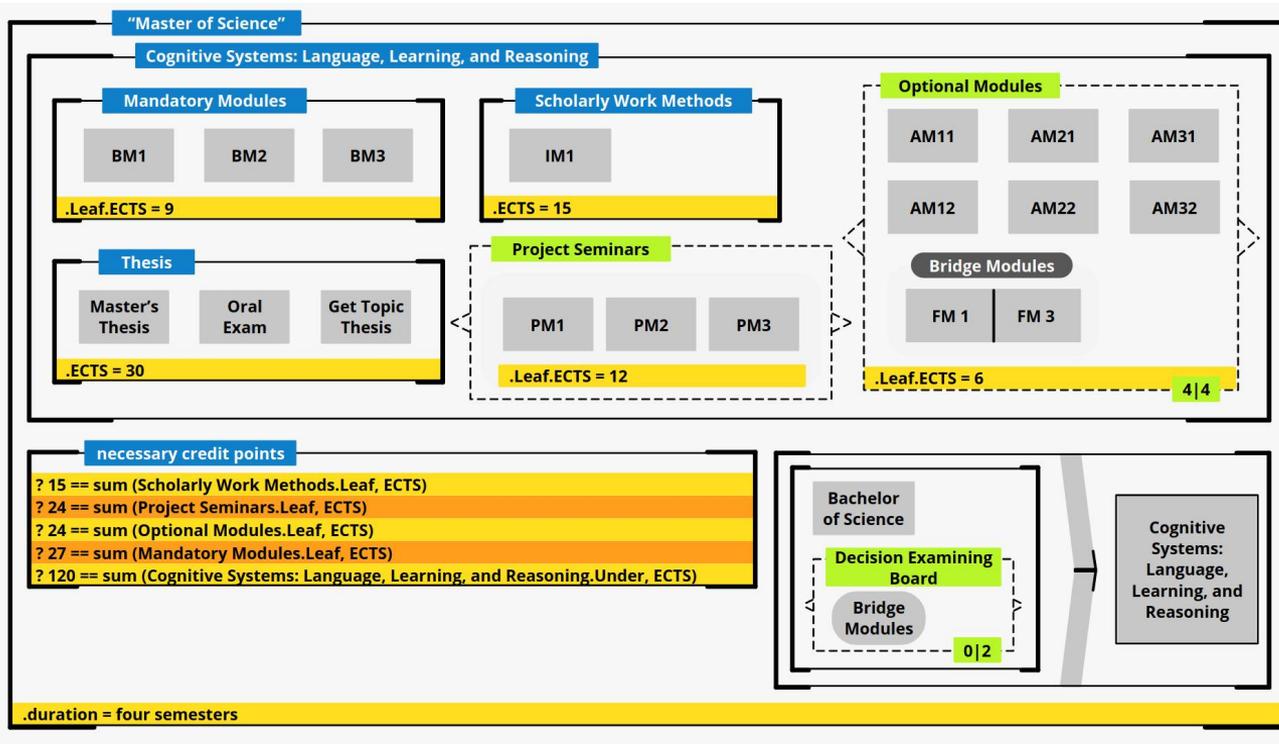


Erkennung von Regelverletzungen

- **Schleifen:**
rekursive Definitionen von Begriffen
- **Vollständigkeit:**
undefinierte Begriffe
- **Partitionierung:**
in unverbundene Teile gegliederte Regelsätze
- **Wertebereiche:**
instanzierte Variablen passen nicht zu definierten Wertgrenzen
- **widersprüchliche Bedingungen:**
Verknüpfung von AND und OR führt zu leerer Menge
- **leere Gruppen:**
dynamische Gruppen ohne enthaltene Elemente definiert



Beispiel Studiengang



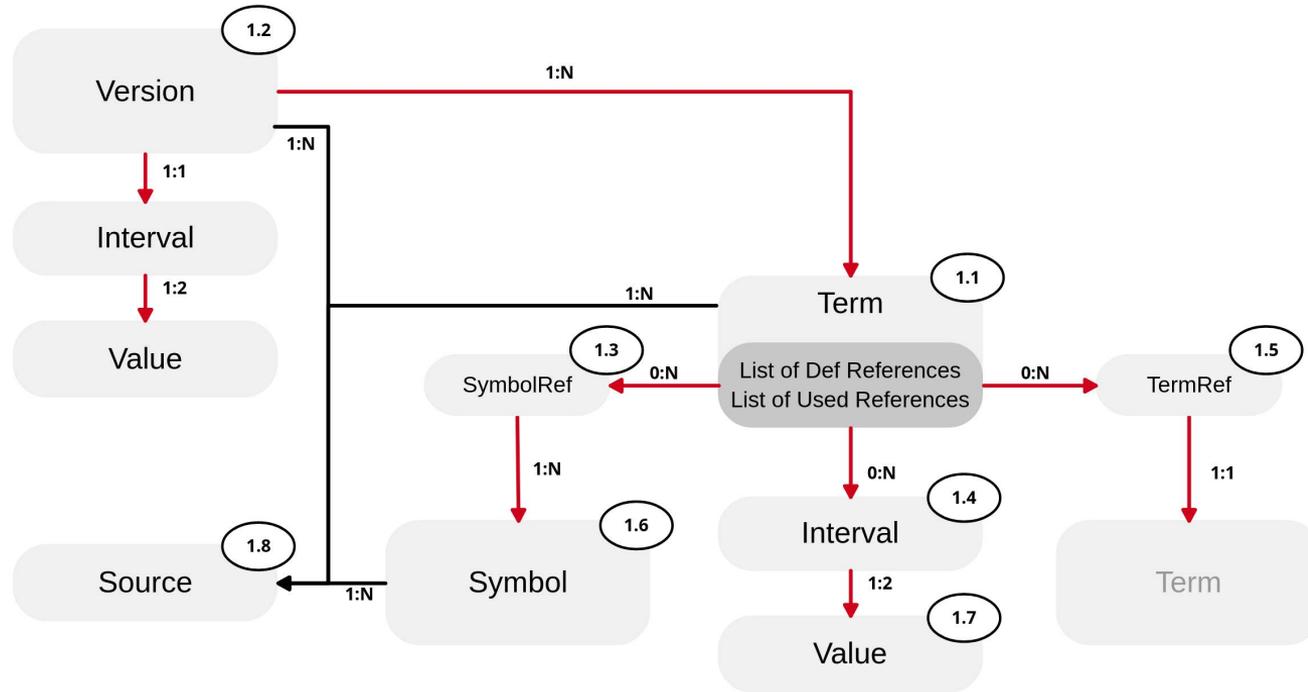
- Gliederung und Wahloptionen
- parallele Pfade im Sinne von Spezialisierungen
- kohärente Verbindungen mit anderen Studiengängen
- Abhängigkeiten zwischen den Komponenten

Was wird symbolisch repräsentiert?

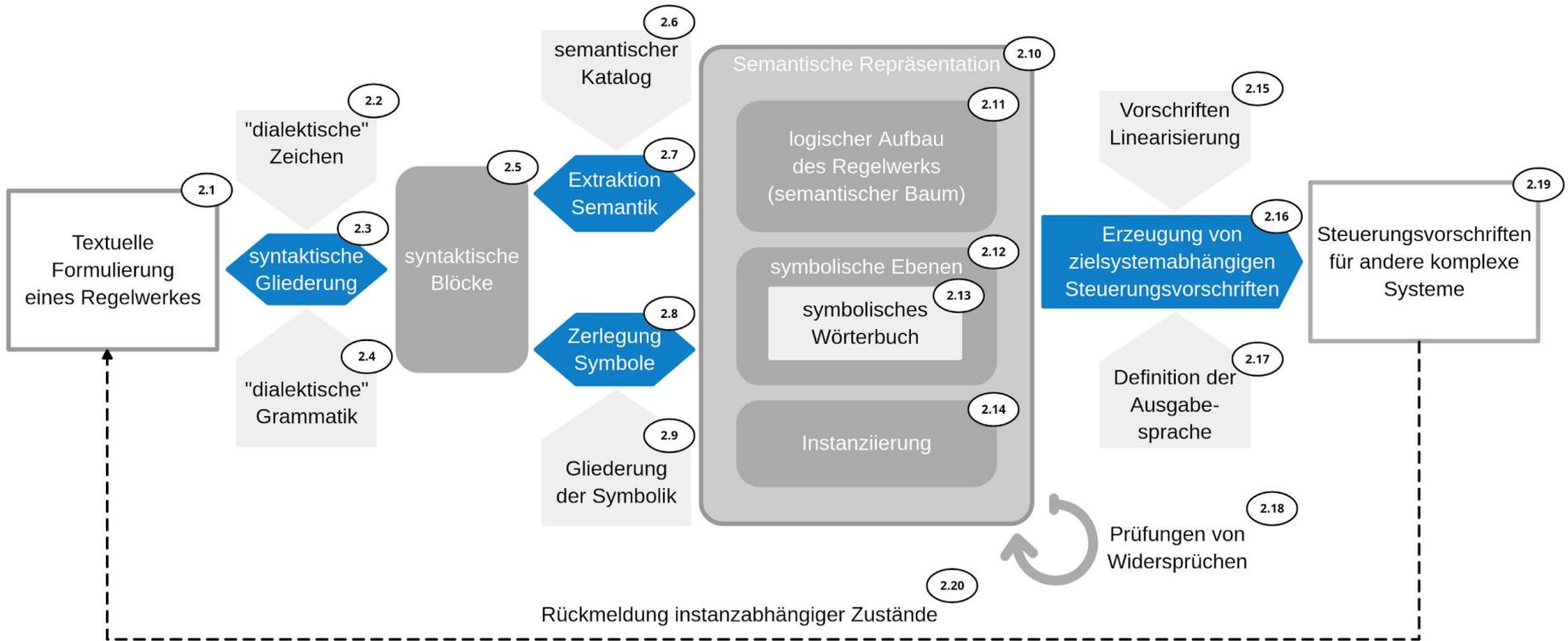
- Gliederung durch kaskadierte Struktur
- Logische Aussagen (UND, ODER, usw) werden zu Termen
- (Neben-)Bedingungen zur Prüfung der Erfüllbarkeit
- Werte als Intervalle
- Versionen zur Abgrenzung von Gültigkeit
- Bezug zur Quelle im Text



Universalität der semantischen Repräsentation



Funktionsweise



Σ Sprachkonstrukte = Gesamtkonzept

Formale Spezifikationsprache mit:

- Intervallen und Wertebereichen
- Anzahl der Oder-Optionen
- dynamische Gruppen
- zeitlichen Abfolgen
- Versionierung
- Inkludierung von Rahmenwerken
- Sprach-Dialekte und flexible Symbolik
- Konfigurierbarkeit der Sprachgrammatik



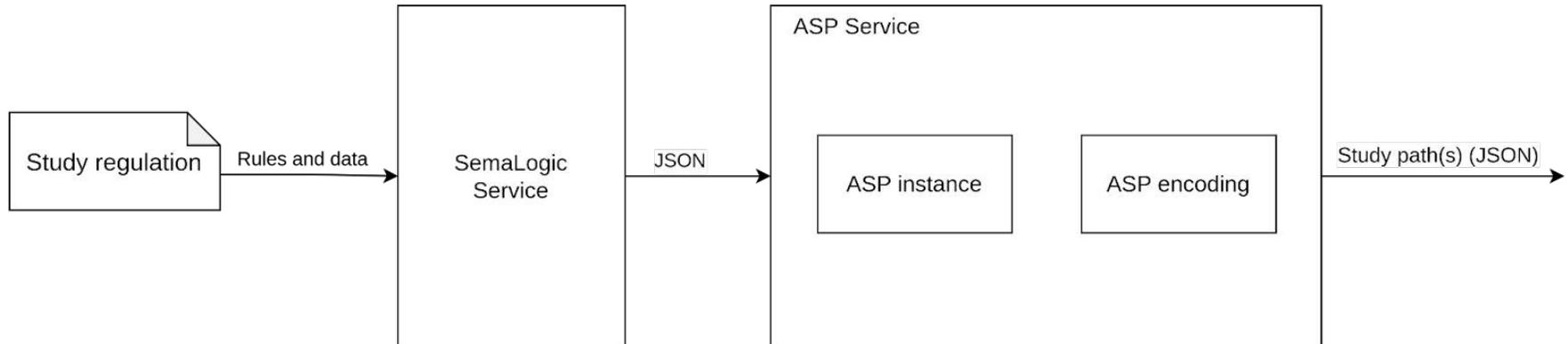
Transformation von Sprache in Bedeutung:

1. Natürlichsprachlichkeit
2. Einfangen der Unschärfen
3. Eindeutigkeit der Interpretation
4. Prüfbarkeit (reine Mathematik)
5. beliebige Reihenfolge von Regeln
6. Übertragbarkeit der Regeln in beliebige Dialekte / Sprachen

Weiterverarbeitung (1/2)

Verwendung der erkannten Aussagen für ASP

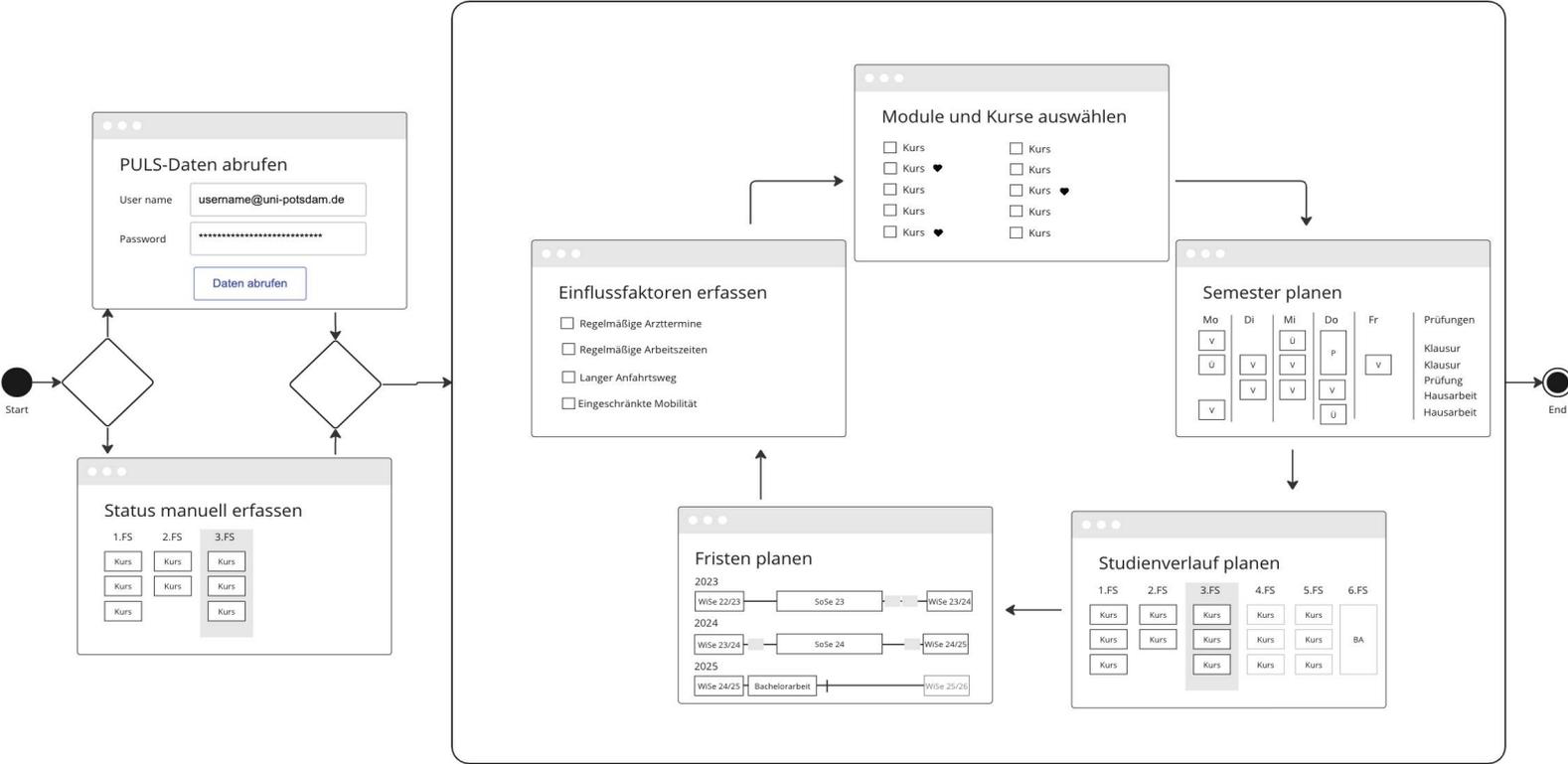
- Symbole und zugeordnete Werte / Attribute
- Benennung von Gruppen von Symbolen
- Terme, in denen logische Relationen zwischen Symbolen ausgedrückt werden



Weiterverarbeitung (2/2)

- Export als JSON / XML / SVG → Verwendung der Struktur und enthaltenen Attribute → Online Judges
- Nutzung des semantischen Baums → Kontext eines „Symbols“ → Einordnung in Ontologien / Grounding
- Logische Aussagen und Nebenbedingungen → Prüfung auf Erfüllbarkeit → SAT Solver (z.B. ASP)

Entwurf vom Assistenzsystem für Studienplanung

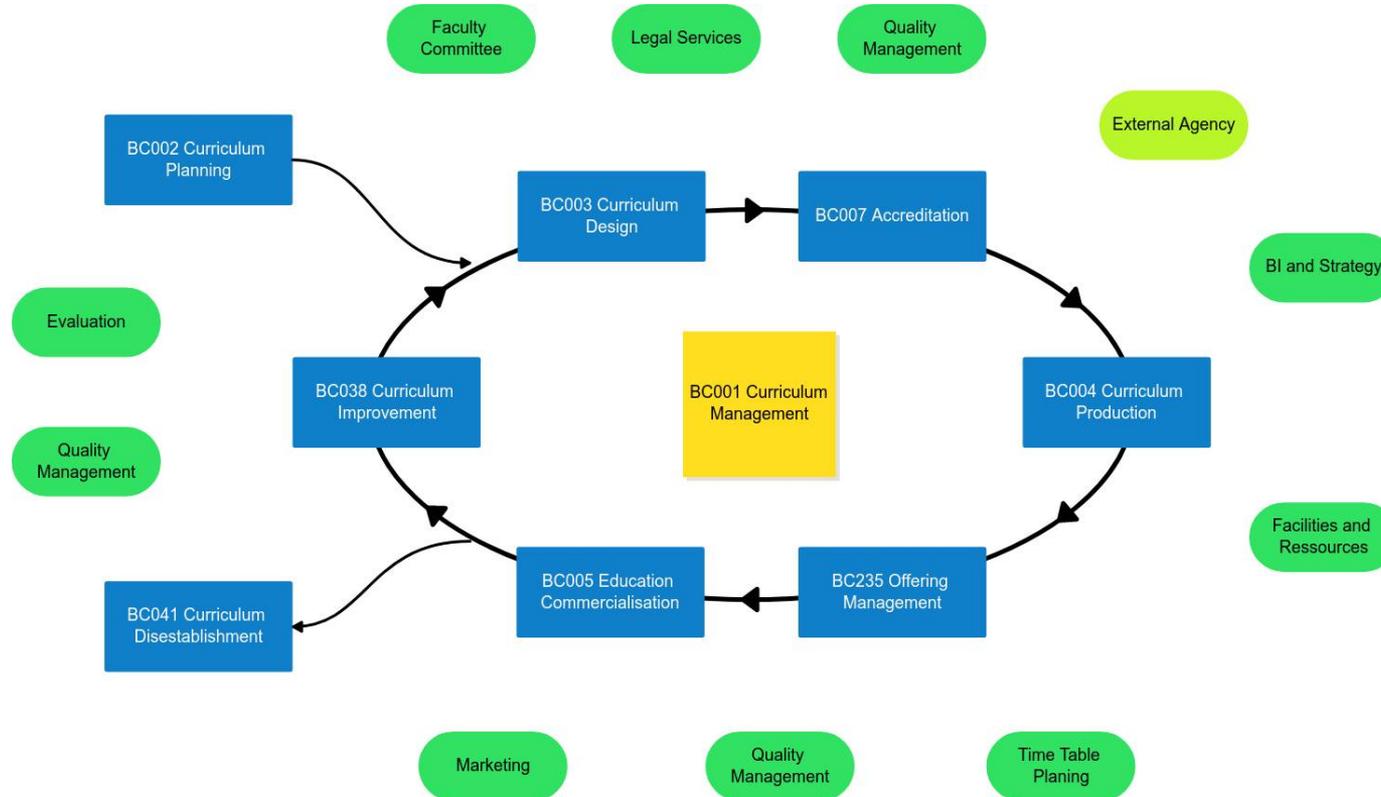


Welche Werkzeuge helfen wo?

automatisierte Beantwortung von Fragen wie:

- Ist die Ordnung studierbar? Sind die Studienanforderungen im gegebenen Zeitraum abbildbar? Wo bestehen Engpässe in Abfolgen, die Risiken für Studierende bedeuten?
- Wäre im bisherigen Kursangebot die Ordnung studierbar? Wäre mit den bisherigen Bestehensquoten die Ordnung studierbar? Wo entstehen systematische Engpässe?
- Welche Alternativen im Studienablauf (d.h. welche Freiheitsgrade) haben Studierende, um die ECTS-Anforderungen zu erfüllen? Wie viele Entscheidungen müssen sie treffen?
- Wie verhalten sich verschiedene Ordnungen in den o.g. Aspekten zueinander? An welchen Stellen bestehen kritische Inkonsistenzen mit der Rahmenprüfungsordnung? Inwieweit sind die ermittelten Eigenschaften kompatibel mit der strategischen Ausrichtung der Universität?
- Welche Lehrkapazität ist für welche Studierendenzahlen nötig? Welche Verteilung der Lehrkapazität bringen die definierten Wahloptionen und Häufigkeiten von Modulen mit sich?
- Wie robust ist die Ordnung? Wie viele Lehrkräfte können für welchen Zeitraum ausfallen, ohne das Studienangebot zu gefährden? Wo sind Sabbaticals systematisch erschwert?

Nutzung der Studienordnung im Life-Cycle



Was bietet symbolische KI ?

- Kein statischer Ansatz, kein Training
→ formale Analyse eines (Regel-)Text
- Definition des “Problems” in “formaler” Sprache
→ konsistente Wortwahl und Verwendung
- Kommunikation über Text und Bild
→ übertragbares Verständnis zwischen Mensch und Computer
- Eindeutigkeit und Prüfbarkeit → automatische Validierung
- Verwendbarkeit in vielen Situationen
→ universelle, digitale Repräsentation



Was wir gesehen haben...

- Nutzung von formaler Notation und symbolischer KI
- technische Umsetzung einer generischen Wissensrepräsentation
- Potentiale einer automatischen Assistenzfunktionen für
 - Lehrende bei der Erstellung von Studienordnungen
 - Studierende bei der Semester- und Studienverlaufsplanung
 - Studienberatung v.a. für Studierende mit Beeinträchtigungen
 - Lehrplaner bei der Koordination des Lehrangebots
 - Verwaltungspersonal bei der Prüfung von Ordnungen (z.B. Akkreditierung, Kapazitätsberechnungen, ...)

Fragen

- Welche Probleme traten im eigenen Studium auf, die auf die Studienordnung zurückgeführt werden können?
- Welche Erfahrungen gibt es zur Gestaltung von Studienordnungen?
- Welche anderen Probleme ließen sich ggf. besser mit symbolischer KI (regelbasiert) als mit Deep Learning, Machine Learning bzw. LLMs lösen?