



Fehlerklassifizierung beim tutor-gestützten Lösen von Stöchiometrieaufgaben

Ausgangslage

- Stöchiometrische Aufgaben erfordern komplexe Verknüpfungen mathematischer und chemischer Fertigkeiten auf einer Makro- und Mikroebene¹
- Feedback-Systematiken stellen eine Möglichkeit dar, Lernende beim Lösen von Stöchiometrieaufgaben nachhaltig zu unterstützen^{2,3}
- Dazu werden zwei Intelligente Tutor Systeme (ITS) erprobt, welche unterschiedliche Strategien beim Lösen von stöchiometrischen Aufgaben akzeptieren^{4,5}

Intelligente Tutor Systeme (ITS)

Stoich Tutor⁴

Mit gegebenen Werten wird ein gesuchter Wert strukturiert berechnet

- Statisches Scaffolding
 - Unterstützung der *factor-label* Methode
 - Angabe von Einheiten und Substanzen erfolgt durch ein Drop-Down Menü
 - Detaillierte Abstufung von Hinweisen für jeden Problemlöseschritt

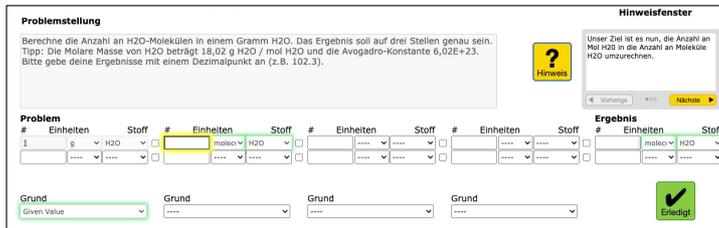


Abb. 1: Interface des Stoich Tutors.

Methodik

- Analyse von Logdaten der Tutornutzung
- Stichprobe: Angehende Studierende der Leibniz Universität Hannover ($N = 61$)
- Analytierte Sequenzen umfassen Log-Daten vom ersten inkorrekten bis zum ersten korrekten Input (Tab. 2 für Stoich und Tab. 3 für ORCCA Tutor)
- Entwicklung und Erprobung eines Kategoriensystems^{7,8,9} zur Klassifikation von inkorrekten Eingaben beim Lösen stöchiometrischer Aufgaben (Tab. 1)
- Detektoren beruhen auf Entscheidungsregeln der manuellen Klassifikation
 - Komma-Schreibweise wird nicht erkannt → Usability
 - Ergebnis weicht um Zehnerpotenzen ab → Unit Conversion

Tab. 1: Ausschnitt des Kategoriensystems unter Angabe der IRR sowie des AUC der automatischen Detektion.

Kategorie	IRR (manuell)	AUC (Detektor)
1 Usability	0.813	0.883
2 Interface Learning	0.770	0.727
3 Gaming the system ¹⁰	0.746	0.812
4 Chemistry Learning		
4.1 Unit Conversion	0.754	0.673
4.2 Particle Differentiation	0.803	0.818
4.3 Composition Stoichiometry	0.679	0.796
4.4 $n \sim N_A$	0.656	0.757
4.5 $n \sim c$	0.835	0.883
4.6 $n \sim m$	1	0.881

Tab. 2: Stoich Tutor - Inkorrekte Eingabe, unter Berücksichtigung des Mol-Konzepts (Code 4.2).

Tutor und Aufgabe	Outcome	Input	Erwarteter Input
Stoich6_german	INCORRECT	mol	molecules
Stoich6_german	HINT	hint request	molecules
Stoich6_german	CORRECT	molecules	molecules

Motivation und Ziele

Langfristig sollen die Tutoren befähigt werden aus Logdaten ein fehlerhaftes Verhalten zu erkennen um entsprechend unterstützend wirken zu können. Dazu fokussiert der Beitrag folgende Fragestellungen:

- Welche Fehlerklassifikationen können aus den durch die Tutoren generierten Logdaten zum Lösen stöchiometrischer Aufgaben ausfindig gemacht werden?
- Inwiefern können diese Klassifikationen automatisch detektiert werden?

ORCCA Tutor⁵

Multiple Eingabemöglichkeiten, um einen gesuchten Wert zu berechnen

- Dynamisches Scaffolding
 - Mehrere Strategien werden unterstützt, u. a. die Mol-Methode⁶
 - Lösungsorientierte und übergeordnete Hinweise für jeden Problemlöseschritt
 - Es können Notizen angefertigt werden

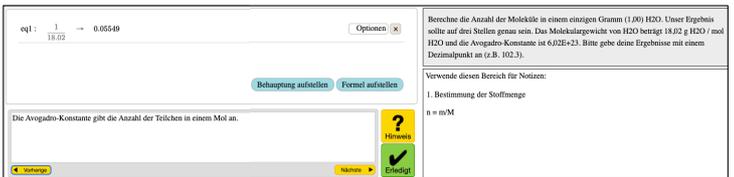


Abb. 2: Interface des ORCCA Tutors.

Tab. 3: ORCCA Tutor - Inkorrekte Berechnung der Stoffmenge ausgehend von der Masse (Code 4.6).

Tutor und Aufgabe	Outcome	Input	Erwarteter Input
ORCCA6_german	INCORRECT	(18.02 / 1)	(1 / 18.02)
ORCCA6_german	HINT	Hint request	(1 / 18.02)
ORCCA6_german	CORRECT	(1 / 18.02)	(1 / 18.02)

Vorläufige Ergebnisse

- Kategoriensystem weist mit einem Cohens Kappa von $\kappa = 0.80$ eine gute IRR auf¹¹
- Es ergeben sich tutor-spezifische Erkennungsmerkmale in der Fehlerklassifizierung:
 - In beiden Tutoren können vernachlässigte Problemlöseschritte erkannt werden
 - Im Stoich Tutor sind inadäquate Eingaben oft auf *Interface Learning* zurückzuführen
 - Im ORCCA Tutor lassen inkorrekte Formel- und Notizeingaben fehlende chemische Konzepte vermuten
- Die Detektoren erkennen reliabel die bereits manuell klassifizierten Sequenzen
 - Liberale Detektion: Mehr falsch-positive als falsch-negative Ergebnisse

Diskussion und Ausblick

- Fehler lassen sich sowohl manuell als auch automatisch mit hoher Genauigkeit anhand den Logdaten klassifizieren¹²
 - Falsch-positiv-Rate aufgrund alternativen Problemlösevorgehens
 - Entscheidungsregeln hinzufügen, um die falsch-positiv-Rate zu senken
- Für eine Aussage über das Konzeptverständnis erfolgt eine Auswertung qualitativer Daten
- Analyse von Prozessinformationen über den Lösungsvorgang und der Unterstützung durch die Feedback-Systematiken, was die Adaptivität der ITS verbessern sowie Lernunterschiede erklären könnte

