

Kollaboratives Planen und Lernen mit der web-basierten Lernplattform Metafora

Andreas Harrer, Kerstin Pfahler, Andreas Lingnau,
Vanessa Herbst, Norbert Sattes, Thomas Irgang

Lehrstuhl für Angewandte Informatik
Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt
Ostenstr. 14, 85072 Eichstätt
{andreas.harrer, kerstin.pfahler, andreas.lingnau}@ku-eichstaett.de

Abstract:In diesem Artikel präsentieren wir das Metafora-Projekt, das Gruppen von Schülern bei der Bearbeitung von Problemstellungen im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht unterstützt. Nach einer Einführung in die pädagogischen Grundlagen des Projektes und der verwendeten Lernwerkzeuge präsentieren wir die Architektur, die eine Ergänzung der Metafora-Lernumgebung um intelligente Analyseagenten ermöglicht. Das von Agenten erstellte Analyse-Feedback dient zur Unterstützung von Schülern, Lehrern und Forschern beim kollaborativen Lernen und Planen. Ein Ansatz zur systematischen Evaluation des generierten Feedbacks und die im praktischen Einsatz gesammelten Datenbestände beschließen unseren Bericht.

1 Einleitung - Metafora und seine Pädagogik

Metafora¹ ist ein Projekt mit dem Ziel, Schüler dabei zu unterstützen, komplexe mathematisch-naturwissenschaftliche Projekte gemeinsam und selbst-reguliert zu bearbeiten. Dazu wurde sowohl ein pädagogischer Ansatz als auch eine technische Plattform für web-gestütztes Lernen entwickelt.

Um diese Ziele zu erreichen werden verschiedene Lernansätze miteinander kombiniert, nämlich Konstruktivismus mit kollaborativem Lernen, resultierend in einem Ansatz, den wir *Lernen gemeinsam zu lernen* (engl. *learning to learn together* L2L2) [DMM⁺ 13] nennen. Konstruktivismus [HP91] basiert auf einer aktiven Rolle des Lerners, der sich selbst Wissen (re-)konstruiert statt es vom Lehrer übermitteln zu bekommen. Dies wird normalerweise dadurch erreicht, dass Artefakte direkt konstruiert, Modelle erstellt und Programme geschrieben werden. Bspw. stehen die Programmiersprache Logo und die damit verbundene Turtle-Graphik in dieser didaktischen Tradition, ebenso wie virtuelle Labore oder interaktive Simulationen, mit denen wissenschaftliche Experimente ausgeführt werden.

Gruppenlernen unterstützt durch Computersysteme (engl. Computer-supported Collabo-

¹Das Projekt Metafora wird durch die Europäische Union finanziert im Rahmen des Themas Information and Communication Technologies (ICT) im siebten Rahmenprogramm für Forschung und Entwicklung (FP7), Vertragsnummer 257872, <http://www.metafora-project.org/>

rative Learning CSCL²) ist eine weitere Gestaltungsmöglichkeit, um Lerner in eine aktivere Rolle während des Lernens zu bringen, indem Argumentation, Verhandlungen, Planung und diverse strategische Fertigkeiten zum Management oder Problemlösung stimuliert werden. Metafora bringt innerhalb dieser pädagogischen Ansätze eine Anzahl von Lernumgebungen für mathematisch-naturwissenschaftliche Inhalte in einem Rahmensystem für kollaboratives und selbstreguliertes Lernen zusammen. Zu diesen Lernwerkzeugen (siehe Abschnitt 2) gehören sogenannte Mikrowelten für Physik und Mathematik, Lernspiele im Bereich der Nachhaltigkeit und Ballistik, sowie Editoren für die Konstruktion mathematischer Muster und algebraischer Gleichungen. Diese werden kombiniert eingesetzt mit den allgemeineren Funktionalitäten des Metafora-Systems zur Planung von Lernaktivitäten, Gruppenchat und der LASAD Diskussionsumgebung [Lol12].

Der pädagogische Ansatz von Metafora wird in längeren Lernsequenzen mit komplexen Fragestellungen (als sog. *challenges* bezeichnet) getestet. Diese Unterrichtssequenzen werden in verschiedenen Varianten von kurrikularen und extrakurrikularen Aktivitäten im Umfang von ca. 20 Unterrichtsstunden in Kleingruppen von 3-6 Schülern durchgeführt. Die Unterrichtsversuche wurden in Griechenland, Israel, England, Katalonien und momentan auch in Brasilien und China mit Schülern im Alter zwischen 12 und 16 unternommen und befinden sich in der Auswertungsphase.

2 Metaforas Lernwerkzeuge

Die Metafora-Plattform ist von uns als web-basiertes Rahmensystem konzipiert, welches Login-Mechanismen, Gruppenverwaltung, einen Gruppenchat, verschiedene Typen von Nachrichten und Hilfsfunktionen bietet. Es erlaubt vielfältige verschiedene web-basierte Lernwerkzeuge lose gekoppelt in die angebotenen Lernszenarien zu integrieren. Eine besonders tiefgehende semantische Integration bietet das System für ausgewählte Werkzeuge unserer Projektpartner: für diese besteht die Möglichkeit des nahtlosen Übergangs vom Planen der Lernaktivitäten (siehe im Unterabschnitt Planungs-Werkzeug) in die Diskussionsumgebung und die Werkzeuge, sowie die Veröffentlichung von Objekten der Werkzeuge in der Diskussionsumgebung LASAD (siehe im Unterabschnitt Diskussionsumgebung). Des Weiteren bietet Metafora Analyseergebnisse zur Unterstützung der Lerner während ihrer Lernprozesse, die durch intelligente Analyseagenten auf Basis von Nutzeraktionen und Aufbereitung der Analysen anderer Agenten produziert werden (siehe Abschnitt 4). Abbildung 1 zeigt die *Metafora*-Plattform mit 3D Juggler, einer seiner semantisch integrierten Mikrowelten.

Im Folgenden stellen wir die wesentlichen Metafora-Werkzeuge vor, die besonders für naturwissenschaftlich und mathematisch orientierte Lernszenarien verwendbar sind.

Das Planungs-Werkzeug (engl. *Planning Tool*) stellt das Kernstück der selbstorganisierten Lernprozesse dar. Mit ihm sollen die Schüler das eigene Vorgehen, Aufgabenteilungen, verwendete Ressourcen usw. organisieren, was mit einer sogenannten visuellen

²URL zur etablierten Konferenz dieses Themas: <http://www.isls.org/cscl.html>

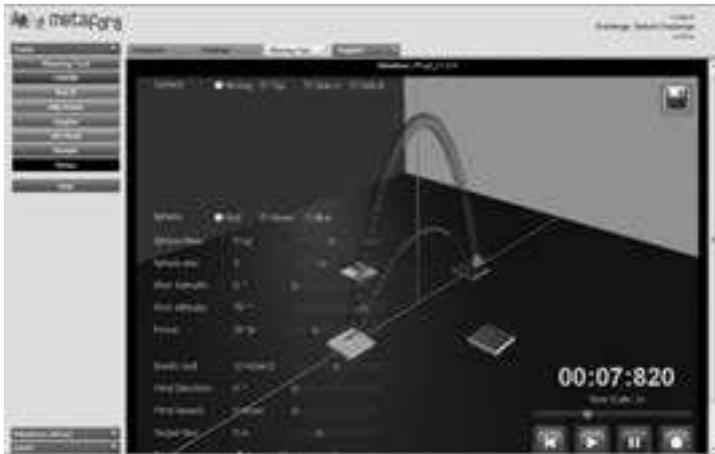


Abbildung 1: Das *Metafora*-System mit seiner Grundfunktionalität auf der linken Seite und der Physik-Mikrowelt *3D Juggler* rechts.

Sprache [BS08] geschieht. Die visuelle Sprache setzt sich aus Elementen zusammen, die durch Karten repräsentiert werden und in Kategorien eingeteilt sind wie beispielsweise Standpunkte, Prozesse, Rollen oder Ressourcen. Diese Karten können mit Pfeilen in ihrer Reihenfolge und Abhängigkeit verbunden werden. Durch einen Drag & Drop Mechanismus können neue Elemente in einem Plan erzeugt, verändert oder gelöscht werden. Abbildung 2 zeigt einen Beispielplan, in dem Schüler die Erforschung eines physikalischen Phänomens planen. Die Schüler werden das Phänomen erst erkunden, danach spezifische Fragen definieren indem sie eine Diskussion im Diskussionswerkzeug *LASAD* starten und im Anschluss durch ein Model im Lernwerkzeug *PiKI* (siehe ebenso im Unterabschnitt Mikrowelten) die Rahmenbedingungen des Phänomens testen. Abschließend werden sie zu einem Ergebnis kommen und ihre Lernaktivitäten reflektieren.

Wie bereits erwähnt können die in *Metafora* integrierten Lernwerkzeuge durch den Plan organisiert und direkt betreten werden. Einzelne Lernaktivitäten aus dem Plan können in der Diskussionsumgebung *LASAD* diskutiert, oder im Gruppenchat geteilt werden, um kollaborativ das gemeinsame Vorgehen abzustimmen. Der Arbeitsfortschritt im Lernprozess kann von den Schülern selbst bewertet werden, indem angefangene Aktivitäten gelb gefärbt werden und abgeschlossene Aktivitäten grün. Dies ermöglicht allen Gruppenmitgliedern – ähnlich wie in Projektmanagementwerkzeugen – einen Überblick über das bisher Erreichte (process awareness). Diese Funktionalitäten zur Reflektionsunterstützung helfen bei der Strukturierung des eigenen Lernprozesses und können als Realisierung des scaffolding design frameworks [QRD⁺04] betrachtet werden.

Die Diskussionsumgebung *LASAD*³ wurde mit dem Ziel entwickelt eine methodologische Umgebung zu schaffen, in der Schülern das Diskutieren erlernen können. In *Metafo-*

³URL zur *LASAD* Homepage: <http://cscwlab.in.tu-clausthal.de/lasad/>



Abbildung 2: Planungswerkzeug mit einem durch Lerner modellierten Lernprozess

ra eingebunden können Schüler ihre Ergebnisse teilen und diskutieren, um eine gemeinsame Lösung zu erarbeiten. Durch spezielle Mechanismen können Lernobjekte aus den verschiedenen Lernwerkzeugen in einer Diskussionsmappe geteilt werden, wodurch die Schüler ihre individuell erarbeiteten Ergebnisse gegenseitig betrachten, Hilfe geben und ihre Errungenschaften diskutieren können.

Die Mikrowelten, die in *Metafora* als Lernwerkzeuge integriert wurden, sind:

- **eXpresser:** ist eine Mathematik-Lernumgebung mit der graphischen Bausteinen, durch geeignete Wiederholung und Anordnung zu grösseren bildlichen Mustern zusammengesetzt werden können. Bei der Analyse der Bausteine sollen Abstraktionsgedanken und algebraische Formeln über die Anzahl der Einzelteile aufgestellt werden.
- **3D Juggler:** ist eine spielerische Mikrowelt, mit der Phänomene wie zum Beispiel 3D Bewegungen und Kollisionen simuliert werden können. Schüler können die physikalischen Gesetze des zugrundeliegenden Phänomens studieren und durch eigene Ideen verschiedene Situationen hervorrufen und erforschen.
- **Sus-City:** basiert auf einer Spielvorlage die von nicht-technischen Benutzern verwendet werden kann, um ein eigenes Spiel im Bereich Nachhaltigkeit zu entwerfen und zu spielen. Zum einen können neue Inhalte zur Vorlage hinzugefügt und zum anderen die Werte festgesetzt werden, die eine Regelverletzung und damit das Ende des Spieles festlegen.
- **3D Math:** verknüpft die dynamische Manipulation von geometrischen Objekten mit ihrer Notation. Schüler können anhand von Logo Programmierung eine dreidimen-

sionale Visualisierung der Logo-Turtlegraphik erstellen, die durch manipulierbare Variablen verändert werden kann.

- **PiKI:** ist ein Werkzeug zum Erlernen von Kinematik. In *PiKI* können Schüler auf spielerische Weise physikalische Modelle konstruieren und dadurch zweidimensionale und dreidimensionale kartesische Dekomposition, die Verbindung zwischen Zeit und Bewegungsbahn, sowie der Elastizitätskoeffizient der Oberfläche (z.B. Trampolin oder Stein) bei der Kollision mit einem Projektil simuliert.

Die Workbench ist ein von uns entwickeltes Lernwerkzeug zum elektronischen Verwalten von Dokumenten und Reflektieren von Lernaktivitäten. Sie ist unterteilt in zwei Sektionen, den neuesten Meldungen (engl. Breaking News) und der Dokumentenverwaltung. Mit der Dokumentverwaltung können Schüler versioniert allgemeine Dokumente (z.B. Graphiken oder Texte) und Pläne aus dem *Planning Tool* persistent speichern. In den *Breaking News* werden die neuesten Lernaktivitäten und Analyseergebnisse der Künstlichen Intelligenz des *Metafora*-Systems aufgelistet, die Schüler bei ihren Lernprozessen unterstützen. Dies sind beispielsweise das Veröffentlichen von Lernobjekten aus einem Lern-Werkzeug in der Diskussionsumgebung, oder das Beenden eines Lernprozesses. Wenn Nutzer beim Reflektieren der Meldungen in den *Breaking News* Sachverhalte besonderer Wichtigkeit bemerken, haben sie durch eine in die *Workbench* integrierte Funktion, dem *Feedback Tool*, die Möglichkeit Adressaten innerhalb des *Metafora*-Systems eine Feedback-Nachricht zu senden. Diese Nachricht kann dabei mit verschiedenen Graden an Wichtigkeit gesetzt werden. Ein Beispiel wäre, dass ein Lehrer die Mitglieder einer Lerngruppe darauf aufmerksam macht, zum *Planning Tool* zu wechseln, um über den bis dahin erstellten Plan zu reflektieren.

Nachfolgend präsentieren wir die technische Umsetzung des *Metafora*-Systems, Designentscheidungen, die verwendete Technologie, Integration der Lern-Werkzeuge und geben einen Überblick über die Architektur.

3 Technische Umsetzung von Metafora-System und Planning Tool

Das *Metafora*-System ist als dezentrale, webbasierte Plattform konzipiert. Die eingebetteten Lernwerkzeuge basieren auf verschiedenen Technologien und sind auf diversen Servern platziert, weshalb eine heterogene und flexible Architektur entwickelt wurde um einen nahtlosen Übergang zwischen den Lernwerkzeugen zu ermöglichen und ausreichend Freiraum zur Interaktion miteinander zu gewähren. Mit dem System können Schüler lokal unabhängig und zeitgleich miteinander an einer gemeinsamen Aufgabe arbeiten. Sowohl die flexible Integration auch fremder Lernwerkzeuge (im Sinne eines mash-ups) als auch die Verfügbarkeit im Web-Browser waren wesentliche Anforderungen des pädagogischen Konzepts. Die technische Umsetzung der grafischen Benutzerschnittstelle, sowie die werkzeug-interne Client-Server-Kommunikation zur kollaborativen Ausführung von Benutzerinteraktionen innerhalb der Plattform und des Planungs-Werkzeugs wurde mit dem *Google Web Toolkit* erstellt.

Das Google Web Toolkit (GWT), unterstützt die Erstellung komplexer web-basierter Applikationen. Das *GWT* ist ein Ansatz für die Entwicklung von Web-Umgebungen [HS08, Ste07], bei der Client- und Server-Implementierung in derselben Programmiersprache Java erfolgen. Der Java-Code wird von einem Java-zu-JavaScript Compiler in eine äquivalente Applikation übersetzt, die aus vom Browser ausführbares JavaScript mit CSS (Cascading Style Sheets) und HTML (Hypertext Markup Language) besteht [RH07]. Die Kommunikation zwischen Client und Server im *GWT* basiert auf dem *AJAX* (engl. Asynchronous JavaScript and XML) Prinzip, das asynchrone Kommunikation gewährt. Es ist ein Ansatz, der den gesendeten Datenaustausch signifikant reduziert indem es nur die wirklich zu Aktualisierenden Teile einer Webseite vom Server anfordert, statt die komplette Seite zu aktualisieren. Durch die asynchronen Serveranfragen können Aktionen, die ein Benutzer im Browser ausführt an den Server propagiert werden. Der Server bearbeitet die Anfrage und sendet das Ergebnis zurück zum Client. Für kollaborative Nutzung muss die bearbeitete Anfrage im Anschluss an alle weiteren Clients propagiert werden, an denen Schüler mit dem selben Inhalt beziehungsweise innerhalb der selben Lerngruppe arbeiten. Zu diesem Zweck wird die *GWT Comet* Server-Push Technologie eingesetzt.

Das GWT Comet, auch *Ajax Push*, hebt die Einschränkung des konventionellen Anfrage-Antwort Protokolls von webbasierten Anwendungen auf. Wenn durch asynchrone Serveranfrage, wie unter 3 beschrieben, neue Aktivitäten eines Benutzers vom Server bearbeitet wurden, so wird das Ergebnis der Anfrage an alle an der Aktivität involvierten Clients gesendet. Die Initiative beim Senden von Updates wird dabei vom Server ergriffen (server push), ohne dass Clients dies explizit anfordern. Durch diesen Ansatz können Schüler kollaborativ gleichzeitig an einer gemeinsamen Lernaktivität arbeiten.

Die Werkzeugübergreifende Kommunikation und Interaktion innerhalb des *Metafora*-Systems basiert auf XMPP-Kanälen: *XMPP* (Extensible Messaging and Presence Protocol) ist eine Technologie zur Realzeitkommunikation. Ursprünglich als Sofortnachrichtendienst (Jabber) entwickelt, definiert es ein Format um Daten zwischen zwei oder mehr Instanzen zu bewegen. Die Entitäten können sowohl client- als auch serverseitig sein. In *Metafora* verbinden sich die Lernwerkzeuge zu definierten *XMPP* Kanälen und senden sich gegenseitig *XML* Nachrichten zum Propagieren von Kommandos oder um Aktivitäten für die Analyse zu loggen. Der Empfänger, ein Lernwerkzeug oder eine Analysekomponente, greift die Nachricht auf und bearbeitet sie weiter. Für die Strukturierung unseres Kommunikationsansatzes wurden drei Kanäle definiert, der "command", "logger" und "analysis" Kanal (s. Abbildung 3). Die Interaktion zwischen Lernwerkzeugen findet im "command" Kanal statt. Im "logger" Kanal werden Benutzeraktionen geloggt und im "analysis" Kanal von intelligenten Komponenten analysierte Ergebnisse gesendet. Alle gesendeten Nachrichten werden zur persistenten Datenverwaltung in eine Datenbank gespeichert, um die Daten auch zu einem späteren Zeitpunkt analysieren zu können. Durch diesen Mechanismus kommunizieren und interagieren die Lernwerkzeuge miteinander, es wird ein nahtloser Übergang zu den einzelnen Werkzeugen innerhalb des *Metafora*-Systems ermöglicht und Daten zur Analyse für die künstliche Intelligenz von *Metafora* erzeugt. Im Folgenden werden die intelligenten Analyseverfahren in *Metafora* vorgestellt.

4 Ein Rahmenwerk für intelligente Analyseverfahren und Feedback

Neben der Nutzung der kollaborativen Lernwerkzeuge und des nahtlosen Übergangs zwischen diesen, soll das Metaforasystem zusätzlich in der Lage sein, Feedbacknachrichten zu generieren, die es den Schülern erleichtern, ihre Lernprozesse zu regulieren und auch innerhalb der Domänen ihre Aufgaben besser zu lösen. Weiterhin sollen Forscher die Möglichkeit haben, Informationen über spezifische *L2L2*-Verhalten zu analysieren, die sich beim Benutzen des Systems zeigen und dieses Verhalten mit der Qualität der Lernergebnisse und Lernprozesse in Verbindung setzen. In den letzten Jahren wurden Methoden aus dem Bereich der *Intelligent Tutoring systems* (ITS) und deren Hilfsmechanismen für den Bereich des Computer-unterstützten kollaborativen Lernens adaptiert. Intelligentes *Feedback* für ein so komplexes System wie *Metafora* ist allerdings eine große Herausforderung, da weder eine geschlossene Lerndomäne existiert, noch die Menge an Lernwerkzeugen prinzipiell eingeschränkt ist. Deshalb war es unser Ziel in *Metafora*, eine flexible Architektur anzubieten, in der verschiedene Analysekomponenten durch Kombination, Aggregation und zusammengeführte Interpretation zu einer integrierten domänen-unabhängigen Analyse über die einzelnen Lernwerkzeuge hinweg verbunden werden können.

Lernwerkzeug-spezifische Analysekomponenten lesen Daten aus dem "logger" Kanal und senden Analyseergebnisse zum "analysis" Kanal, während werkzeugübergreifende Komponenten von beiden Kanälen lesen und weiterverarbeiten. Abbildung 3 gibt einen Überblick über die Architektur der Analyseverfahren in *Metafora*, die das Prinzip der losen Kopplung von Analysekomponenten ähnlich der sog. Blackboard-Architektur [BMR⁺96] verfolgt.

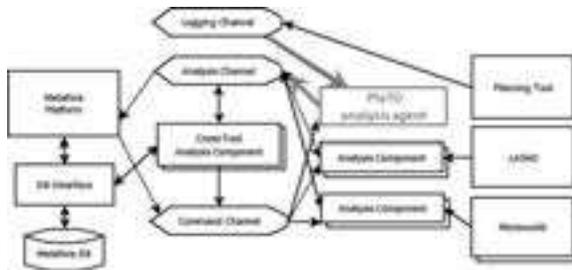


Abbildung 3: Überblick der Architektur des Metafora-Systems

Wie erwähnt speichert das *Metafora*-System Benutzeraktionen und produzierte Artefakte für die Analyse in eine Datenbank, in der auch aktuell vorliegenden Pläne des *Planning Tools* vorliegen. Dieses Format wird auch von den Analysekomponenten verstanden. Im weiteren beschreiben wir als eine Illustration der Nutzung der Analyse-Infrastruktur die Analyse von Benutzeraktionen im *Planning Tool*.

4.1 *PLaTO*- eine Komponente zur Analyse von Planungsaktivitäten

Planungsverhalten, hervorgerufen durch Benutzeraktivitäten im *Planning Tool* kann auf verschiedenen Stufen analysiert werden. Sowohl direkte Aktionen der Lerner, als auch der aktuelle Stand und die Struktur von Plänen im *Planning Tool* bieten Raum um Indikatoren für spezielle Fähigkeiten und Verhalten beim Planen zu ermitteln. Deshalb wurden der Typologie in [GJH⁺03] folgend für das *Planning Tool* sowohl aktions-basierte, als auch zustands-basierte Analysemethoden im *Planning Tool Observer* (*PLaTO*), implementiert.

PLaTO ist eine Analysekomponente mit der spezifischen Aufgabe Verhalten beim Planen zu analysieren und die Wechselbeziehung zwischen Planen und Ausführen im betreffenden Lernwerkzeug zu erfassen. Dies geschieht innerhalb unserer Architektur als eigenständige Analysekomponente, die den XMPP-Kanal "logger" subskribiert und ihre Analyseergebnisse im "analysis" Kanal bereitstellt (siehe auch Abbildung 3). Der Fokus ist dabei zunächst werkzeug- und damit domänen-spezifisch. Durch den Übergang vom Planen zum Ausführen agiert *PLaTO* aber auch werkzeug-übergreifend, da Wechsel in andere Werkzeuge berücksichtigt wird. Einige der Indikatoren des *PLaTO* in Bezug auf *L2L2* sind Erzeugen und Löschen von Plänen als Indikatoren für Meilensteine und Aufräumarbeiten, Öffnen oder Wechseln eines Plans als Indikatoren für Kontextwechsel, Aufspalten und Zusammenführen von Lernaktivitäten im Plan als Indikatoren für divergentes und konvergentes Planen und werkzeug-übergreifende Interaktion ausgehend vom *Planning Tool* wie beispielsweise ein Lernobjekt in der Diskussionsumgebung zu teilen.

Da *PLaTO* als eine Analysekomponente entwickelt wurde, die zwischen der Bearbeitung von eingehenden Nachrichten und der semantischen Bearbeitung differenziert, ist es möglich die Analyseregeln innerhalb von *PLaTO* mit anderen Analyseansätzen zu verändern. Einer der Ansätze an dem bereits gearbeitet wird ist das Erstellen eines Regelwerkes, das die Analyse anhand des *contingency and uptake analysis* Ansatzes nach Suthers und Kollegen [SDMV10] durchführt. Regeln für die Medienabhängigkeit, zeitliche Nähe, räumliche Nähe und einer einfachen Version der inskriptionellen Ähnlichkeit, was auf der analytischen Ebene den Rahmen durch multiple Analyseperspektiven erweitert, stehen bereits zur Verfügung.

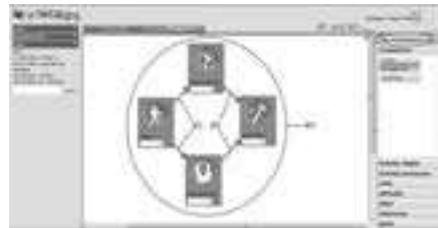
4.2 Beispiel für die feedback-Generierung durch *PLaTO*

Um den konkreten Anwendungsfall von *PLaTO* zu illustrieren werden wir nun ein Beispiel zeigen, in dem Benutzeraktionen im *Planning Tool* analysiert und daraus Feedback aufgrund des *L2L2* Regelsatzes generiert wird.

Zwei Schüler Alice und Bob arbeiten von getrennten Computern aus kollaborativ an einem Plan im *Planning Tool*. In Abbildung 4(b) und 5 sind die Pläne zu sehen, an denen Bob und Alice arbeiten. *PLaTO* analysiert die Aktionen die von Alice und Bob generiert werden. Die analysierten Ergebnisse werden in den "analysis"-Kanal gesendet, wo sie in den oben vorgestellten *Breaking News* der *Workbench* gelistet werden, um Gruppenmitglieder auf die Aktionen der Schüler aufmerksam zu machen, wie in Abbildung 4(a) zu sehen ist.



(a) Die *Breaking News* in der *Workbench* der *Metafora*-Plattform mit den von *PlaTO* generierten Indikatoren



(b) Der Plan im *Planning Tool* während der Interaktion zwischen Alice und Bob (#1 bis #5 hervorgehoben)

Abbildung 4: Indikatoren erzeugt während einer Planungsaktivität

Bob und Alice arbeiten zusammen an einem Chemie Projekt. Dazu erstellt Bob einen neuen Plan im *Planning Tool* mit dem Namen "Chemistry Map" um ihre Arbeit am Projekt zu organisieren (Indikator #1). Alice schließt sich dem an und öffnet den neuen Plan (#2).

Bob erstellt einen ersten Entwurf für den Projektplan und legt dazu vier Hauptaktivitäten an, die er miteinander verbindet (s. Abbildung 4(b)). *PlaTO* analysiert die Aktivitäten und entdeckt eine Aufspaltung im Plan bei der Aktivität "explore" (#3), die in der Aktivität "build model" wieder zusammen geführt wird (#5). Diese Struktur im Plan repräsentiert ein aussagekräftiges *L2L2* Verhalten. Weiterhin wurden Hauptaktivitäten im Plan so verbunden, dass sie einen wohlgeformten Weg bilden, was von *PlaTO* als Indikator "recurrent theme" (#4) erkannt wird.

Jetzt beginnt Alice am Plan zu arbeiten und erzeugt zwei weitere Hauptaktivitäten, und mehrere Hilfsaktivitäten wie in Abbildung 5 zu sehen ist. Nachdem alle Hauptaktivitäten wieder verbunden wurden, feuert *PlaTO* erneut einen Indikator "recurrent theme" (#6). Nachdem Alice die zuvor von Bob erstellte Arbeit weitergeführt hat und mit ihrem Bestandteil verbunden hat, produziert *PlaTO* einen zusätzlichen Indikator für "collaboration" (#7) zwischen den beiden Schülern, was eine gewichtige Information für einen beobachtenden Lehrer sein kann.

Nachdem die Planung ihres Chemie Projektes fertig ist, beginnen Alice und Bob mit der Durchführung. Sie können ihre Prozesse dokumentieren, indem sie die einzelnen Lernaktivitäten im Plan starten und beenden. In Abbildung 5 ist zu sehen, dass die Aktivitäten "explore" (#8) und "discuss findings" (#9) gestartet wurden (gelbe Farbe). Wie im Plan zu sehen ist, wurde eine spätere Aktivität ("draw conclusion") von den Schülern zuerst als **beendet** gesetzt (grüne Farbe), bevor die vorigen Lernaktivitäten beendet wurden. Aus Planungsgesichtspunkten ist dieser Sprung nicht sinnvoll und obwohl die Devise von *Metafora* ist, die Schüler in ihrer Freiheit nicht zu begrenzen, erkennt *PlaTO* diesen Sachverhalt, hier die Kontinuität beim Befolgen des Plans. Deshalb erzeugt *PlaTO* eine Feedback-Nachricht, die die Gruppe darauf aufmerksam macht, dass eine Aktivität vor Beenden jener Aktivität beendet wurde, die in der Reihenfolge zuvor im Plan erscheint (#10).

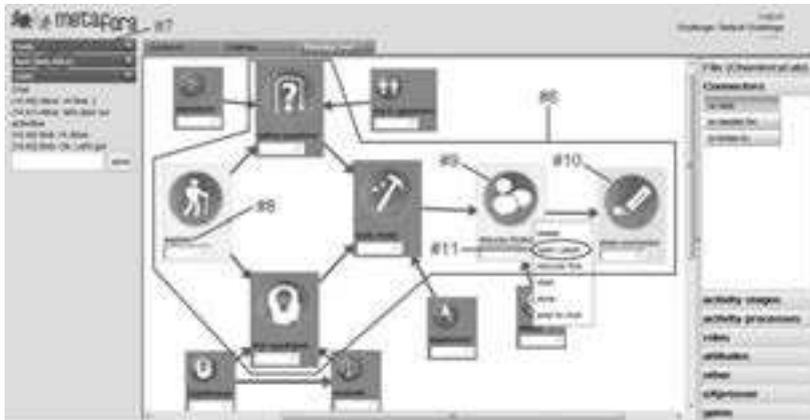


Abbildung 5: Alice und Bob bearbeiten ihre Lernaktivitäten (Indikatoren #6 bis #11 hervorgehoben)

Schließlich öffnet Alice eine Mappe in der Diskussionsumgebung *LASAD*, was direkt über das Kontextmenü der *Planning Tool* Karten möglich ist. Dieses werkzeug-übergreifende Verhalten wird von *PlaTO* erfasst und als "open tool from plan" (#11) erfasst.

Auch wenn dieses idealisierte Beispiel konstruiert wurde, so verdeutlicht es doch den Ablauf eines Szenarios wie es typisch beim kollaborativen Planen und Durchführen auftritt.

5 Datenbestand und geplante Evaluationsmethode

Das *Metafora*-System wurde bisher in Teststudien und Klassenzimmereinsätzen verwendet. Die Untersuchungsorte der Experimente sind Schulen und Universitäten in England, Griechenland, Israel, Spanien, Brasilien und China. Im März 2013 umfasste der Datenbestand in unserer Datenbank 1199 individuelle Benutzerkonten die im System verwendet wurden, 547 durch die Benutzer selbstorganisierte Arbeitsgruppen, 1005 im *Planning Tool* erzeugte Pläne. Als Aktionsdaten liegen gut 279.000 durchgeführte Benutzeraktionen beim Verwenden der verschiedenen Lernwerkzeuge des *Metafora*-Systems vor und gut 122.000 analysierte Indikatoren, produziert von den Analysekomponenten des *Metafora*-Analysesystems; zu diesen zählen sowohl einfache domänen-spezifische Indikatoren (z.B. Ändern von Text in einer Diskussionskarte), als auch abstrakteres *L2L2* Verhalten (z.B. Schüler organisieren ihre Lernaktivitäten indem sie Ressourcen erzeugen und verwenden).

Mit den weiterlaufenden, praktisch durchgeführten Experimenten und dem geplanten Einsatz des Systems mit einem größeren Publikum, als nur den Projektmitgliedern und ihren Partnerschulen, erwarten wir einen rapiden Anstieg des Datenbestandes der für Analyse-zwecke innerhalb der nächsten Monate verfügbar sein wird.

Die direkte Unterstützung der Lerner in unserem System wurde als "on-the-fly" Konzept entwickelt. Da wir Hinweise auf die Nützlichkeit unserer Feedback-Nachrichten vor der direkten Intervention in den Lernprozess sammeln wollen, haben wir einen Mechanismus

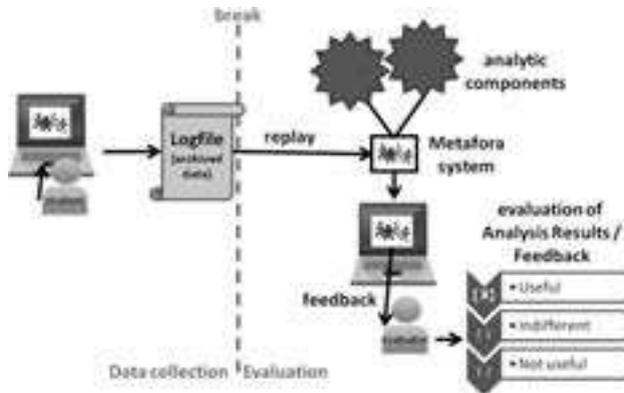


Abbildung 6: Schema für die Re-Analyse archivierter Daten

zur Datenanalyse entwickelt, der auch von bereits produzierten Daten Gebrauch macht. Daten, die erzeugt wurden bevor die Analysekomponenten vollständig verfügbar waren, können dadurch miteinbezogen werden.

Unser Ansatz basiert auf einer kontrollierten Rahmenumgebung, in der eine Person, die den intendierten Endanwender einer Feedback-Nachricht repräsentiert, die Nützlichkeit und den zeitlichen Einsatz des gelieferten Feedbacks evaluiert. Zu diesem Zweck haben wir einen Wiedergabemechanismus entwickelt, in dem eine Lernsituation nachgespielt wird (replay). Die erhobenen Benutzeraktionen werden dabei noch einmal in die Analysearchitektur gesendet, so dass wir die Möglichkeit haben, spezifische Arten von Indikatoren mit dem intendierten Benutzer zu testen, indem wir die gewünschten Analysekomponenten gezielt aktivieren. Abbildung 6 zeigt das Schema für die Re-Analyse von archivierten Daten mit unseren aktuellen Analysekomponenten.

Die Wiederholung der archivierten Planungsaktionen kann dabei direkt im *Planning Tool* beobachtet werden, so als würden die Interaktionen zu genau diesem Zeitpunkt stattfinden, ähnlich einer Videoaufnahme. Analysekomponenten können die Feedback-Nachrichten auf Basis der wiederholten Benutzeraktionen noch einmal erzeugen und dem Evaluator, der die Lernsituation bewertet, anzeigen; dieser Ansatz ähnelt dem Prinzip des *vicarious learning* [MSER07], allerdings zum Zwecke der Analyse und Evaluation.

6 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Artikel haben wir das Metafora-Projekt vorgestellt, das momentan mit internationalen Partnern an der Katholischen Universität Eichstätt-Ingolstadt durchgeführt wird. Der pädagogische Ansatz des Projektes basiert auf einer Kombination aus konstruktivistischen und kollaborativen Elementen, die für eine schülerzentrierte und selbstorganisierte Lernweise sorgen sollen. Zu diesem Zweck werden verschiedene Gruppenlernwerkzeuge mit mathematisch-naturwissenschaftlichen Lernwerkzeugen in einem gemeinsamen

Rahmensystem eingesetzt. In dieser komplexen Lernumgebung werden unterschiedliche Lernszenarien ermöglicht, von denen momentan 10 umfangreiche vollständig als *challenges* vorliegen und im Klassenraum erprobt wurden.

Das Projekt befindet sich gerade in der Endphase des Unterrichtseinsatzes und in der wissenschaftlichen Auswertung der Ergebnisse. Das entwickelte System wird zum Projektende der Öffentlichkeit vollständig sowohl zur Nutzung als auch quelloffen zur Verfügung gestellt werden, um eine weiterreichende Nutzung des Systems zu erzielen.

Literatur

- [BMR⁺96] Frank Buschmann, Regine Meunier, Hans Rohnert, Peter Sommerlad und Michael Stal. *A System of Patterns*. John Wiley & Sons, Chichester, 1996.
- [BS08] Luca Botturi und S. Todd Stubbs. *Handbook of Visual Languages for Instructional Design: Theories and Practices*, 2008.
- [DMM⁺13] Toby Dragon, Manlosi Mavrikis, Bruce M. McLaren, Andreas Harrer, Chronis Kynigos, Rupert Wegerif und Yang Yang. *Metafora: A Web-based Platform for Learning to Learn Together in Science and Mathematics*. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, Preprint(99):1, 2013.
- [GJH⁺03] Katrin Gassner, Marc Jansen, Andreas Harrer, Kai Herrmann und Ulrich Hoppe. *Analysis Methods for Collaborative Models and Activities*. In Barbara Wasson, Sten Ludvigsen und Ulrich Hoppe, Hrsg., *Designing for Change in Networked Learning Environments - Proc. of CSCL 2003*, Jgg. 2 of *Computer-Supported Collaborative Learning*, Seiten 369–377. Kluwer Academic Publishers, 2003.
- [HP91] Idit Harel und Seymour Papert, Hrsg. *Constructionism*. Ablex Publishing, Norwood, NJ, 1991.
- [HS08] Martin Marinschek Hans Sowa, Wolfgang Radinger. *Google Web Toolkit - Ajax-Anwendungen einfach und schnell entwickeln*. dpunkt.verlag GmbH, Heidelberg, 2008.
- [Lol12] Frank Loll. *Domain-Independent Support for Computer-based Education of Argumentation Skills*. Dissertation, Technical University Clausthal-Zellerfeld, 2012.
- [MSER07] Derek A. Muller, Manjula D. Sharma, John Eklund und Peter Reimann. *Conceptual Change Through Vicarious Learning in an Authentic Physics Setting*. *Instructional Science*, 35(6):519–533, 2007.
- [QRD⁺04] Chris Quintana, Brian J. Reiser, Elizabeth A. Davis, Joseph Krajcik, Eric Fretz, Ravit Golan Duncan, Eleni Kyza, Daniel Edelson und Elliot Solloway. *A Scaffolding Design Framework for Software to Support Science Inquiry*. *The Journal of the Learning Sciences*, 13(3):337–386, 2004.
- [RH07] Adam Tacy Robert Hanson. *GWT im Einsatz - AJAX-Anwendungen entwickeln mit dem Google Web Toolkit*. Carl Hanser Verlag, München, 2007.
- [SDMV10] Daniel D. Suthers, Nathan Dwyer, Richard Medina und Ravikiran Vatrappu. *A framework for conceptualizing, representing, and analyzing distributed interaction*. *I. J. Computer-Supported Collaborative Learning*, 5(1):5–42, 2010.
- [Ste07] Hans Steyer. *Google Web Toolkit - Ajax-Applikationen mit Java*. entwickler.press, 2007.