

# Überprüfung von Lernpfaden mit Learning Analytics

Albrecht Fortenbacher, Gernold Frank

Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin  
10318 Berlin  
{ albrecht.fortenbacher, gernold.frank }@htw-berlin.de

**Abstract:** Educational Process Mining beschäftigt sich mit der Modellierung von Lernprozessen, und ihrer Validierung mit Methoden des Process Mining. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Vorgang an Hand eines Blended-Learning-Kurses, und mit Hilfe des Learning-Analytics-Tools LeMo, nachvollzogen: Das didaktische Konzept der Lehrveranstaltung, welches auf einem Wechsel von Präsenzveranstaltungen und dem Einsatz mehrerer WBT's beruht, wird ebenso vorgestellt wie die intendierten Lernpfade. Aus dem beobachtbaren Verhalten der Studierenden können Lernprozesse und Lernpfade beschrieben werden, welche dann mit dem Tool LeMo konkret analysiert werden können. Mit Hilfe von Nutzungsanalysen kann so beispielsweise festgestellt werden, dass das optionale, nicht klausurrelevante Angebot eines weiteren WBT's von den Studierenden intensiv angenommen wurde. Die aus den Analysen gewonnenen Erkenntnisse erlauben es, das didaktische Konzept der Lehrveranstaltung weiterzuentwickeln.

## 1 Einleitung

Educational Process Mining (EPM) wird von Trcka und Pechenizkiy [TP07] so beschrieben:

*Educational process mining aims at constructing complete and compact educational process models that are able to reproduce all observed behavior, checking whether the modeled behavior matches the observed behavior, and projecting information extracted from the logs onto the model, to make the tacit knowledge explicit and facilitate better understanding of the process.*

Von besonderem Interesse ist dabei die Frage, wie weit User Activities, welche beispielsweise aus Log-Daten von Lernplattformen abgeleitet werden, diese Modelle unterstützen, oder aber Hinweise auf Lernverhalten geben, welches sich aus bisherigen Beobachtungen nicht erschließt.

In dieser Arbeit wird ein Blended-Learning-Kurs vorgestellt, mit einem klar definierten (und evaluierten) didaktischen Konzept, welches bestimmte intendierte Lernprozesse und Lernpfade impliziert. Mit Hilfe des Learning-Analytics-Tools LeMo [EFM13] werden diesen Lernprozessen und -pfaden Analysen gegenübergestellt, welche die Nutzung der Lerninhalte über die Vorlesungszeit hinweg zeigen, ebenso wie ein typisches „Navi-

gationsverhalten“ der Studierenden, sowie häufige Pfade bei der Beschäftigung mit den verschiedenen Lernobjekten, welche von einer vorgegebenen Anzahl von Studierenden gegangen werden. Die Ergebnisse der Analysen, und die Interpretation durch die/den Lehrende(n), schaffen die Möglichkeit, den Lernprozess besser zu verstehen, das eigene didaktische Konzept zu hinterfragen und ggf. zu verbessern sowie Diskrepanzen zwischen einem intendierten Lernpfad und dem durch die Analysen erkennbaren Verhalten herauszufinden.

Im folgenden Abschnitt wird auf Blended Learning und Lernpfade eingegangen, danach wird vorgestellt, wie über Verfahren des Frequent Pattern Mining ein Navigationsmuster „häufige Pfade“ ermittelt werden kann, welches im Sinne der o.g. Definition von EPM auf das Modell von Lernpfaden abgebildet werden kann.

In Form einer Case Study wird die Blended-Learning-Veranstaltung „Einführung in die BWL“ zusammen mit einer Beschreibung von intendierten Lernpfaden vorgestellt. Diese Lernpfade werden dann mit dem Learning-Analytics-Tool LeMo untersucht, mit dem Ziel, ein tieferes Verständnis der Lernprozesse zu erhalten.

### **3 Blended Learning, Lernpfade und häufige Pfade**

Bereits 1995 formulierten Schenkel/Holz “Die vielleicht gehegten Hoffnungen, das personale Lehren durch Computer zu ersetzen, haben sich zerschlagen. Es geht ... um die Integration computergestützter Lernphasen in personale Ausbildung.” ([SH95]) Insbesondere die konstruktivistische Lerntheorie hat die vom Lerner ausgehende Dynamik untersucht und dabei zugleich deutlich gemacht, dass ein vollkommener Ersatz, wie zuvor beschrieben, aus lerntheoretischer Sicht schwierig ist. Diese Theorie stellt heute im Wesentlichen die Basis rund um das Lernen dar; spezifische Ausprägungen finden sich dann als ‘action learning’ oder auch als ‘social learning’. Das Ergebnis ist eine Zusammensetzung verschiedener Lernmethoden, die wir heute kurz als ‘Blended Learning’ beschreiben.

Konstruktivistischer Ansatz und Wahl der Medien sowie der Lerner-Interaktion reichen jedoch nicht aus, wenn man einen nachhaltigen Erfolg erzielen möchte: Es ist insbesondere auf die Lernmotivation zu achten, die letztlich den Schlüssel zum Erfolg darstellt (vgl. [Fr03]). Im Hinblick auf die Charakterisierung dessen, was aber eigentlich unter Erfolg zu verstehen ist, sei auf die unterschiedlichen Sichten hingewiesen, die explizit in den Ansätzen von Kirkpatrick zur Evaluation dargestellt werden. Es müssen unterschiedliche Maßstäbe definiert werden, die ihrerseits allerdings von der Betrachtungsebene abhängig sind: Die ehemals vier Level aus Sicht des Lerners bis hin zu der Sichtweise des Unternehmens nach Kirkpatrick werden jedoch inzwischen um den ROI-Aspekt – als betriebswirtschaftliche Bewertung - im Sinne eines fünften Levels ergänzt (vgl. [Ph97]). Für unser Beispiel beziehen wir uns nur auf das zweite Level, dem des Lernerfolgs aus Dozentensicht, der hochschulseitig in aller Regel mit einer Klausur als Maßstab gemessen wird.

Der einzelne Dozent bestimmt nun einen didaktisch-methodisch elaborierten Lernweg, um einen Erfolg im vorgenannten Sinn zu erzielen. Solche Lernarrangements müssen nachvollziehbar sein, wenn man beispielsweise an Optimierung und/oder Verbesserungen denkt. Das aber würde beständiges Erfassen von Lernaktivitäten oder Reflektieren (z.B. als Fragebogen bei einer begleitenden Evaluation) erfordern, was organisatorisch-technische Herausforderungen stellt und zudem oftmals an der individuellen Bereitschaft, beständig detaillierte Informationen zu liefern (durch die Studierenden) bzw. zu auswerten (durch den Dozenten), scheitert. Insofern liegt es nahe, zumindest den nachvollziehbaren Lernbereich so zu erfassen, dass darauf basierend ein Erkenntnisgewinn durch Nutzung geeigneter Tools möglichst ohne Zusatzaufwand stattfinden kann.

Mit der Nutzung solcher Tools aber geht zugleich eine nicht unwichtige Einschränkung einher: Vielfältige Forschungen zeigen die Bedeutung des informellen Lernens. Mit den hier vorgestellten Methoden können nur technisch unterstützte Lernprozesse (welche konkret in den Logfiles einer Lernplattform abgebildet sind) betrachtet werden, nicht jedoch der telefonische Austausch oder das Gespräch in einer Cafeteria.

Learning-Analytics-Werkzeuge können Folgen von Lernaktivitäten – welche im einfachsten Fall aus einem Zugriff auf einen Lerninhalt bestehen – darstellen und analysieren. Mit Algorithmen des Sequential Pattern Mining wie dem BIDE-Algorithmus [WH04] können häufige Pfade berechnet werden, welche von einer minimalen Anzahl von Akteuren durchlaufen wurden. Frequent Pattern Mining wurde 1993 von Agrawal et al. [AIS93] für die Warenkorbanalyse vorgestellt. Gesucht werden Mengen von Items, Folgen oder Substrukturen, welche in den untersuchten Daten mit einer spezifizierten minimalen Häufigkeit (Threshold, Support) auftreten.

Häufige Pfade beim Learning Analytics beschreiben eine Folge von Lernaktivitäten, wobei – im Falle des BIDE-Algorithmus – diese Folgen nicht direkt durchlaufen werden müssen. Der Support für den Pfad (A, B, C) besteht aus allen Studierenden, bei denen die Aktivitäten „Zugriff auf die Lerninhalte A, B und C“ in dieser Reihenfolge vorkommen; ob zwischen A und B, oder zwischen B und C noch andere Aktivitäten auftreten, spielt dabei keine Rolle.

Häufige Pfade nach BIDE können nicht mit Lernpfaden gleichgesetzt werden, aber sie können als Indikatoren für Lernpfade benutzt werden. Wenn das didaktische Konzept die Auseinandersetzung zuerst mit dem Lerninhalt A, dann mit B vorsieht, sollten A und B in dieser Reihenfolge auch in häufigen Pfaden vorkommen. Umgekehrt lässt ein häufiger Pfad (C, B, A) mit einem hohen Support auf Lernpfade schließen, welche in dieser Form vielleicht nicht intendiert waren.

## 4 Case Study: Einführung in die BWL

In der Modulbeschreibung<sup>1</sup> 'Einführung in die BWL' findet sich u.a. „Die Studierenden können die entscheidungsorientierte Sichtweise der BWL nachvollziehen und wichtige Instrumente der Entscheidungsfindung anwenden.“ Neben der ABC-Analyse stellt die Lorenz-Analyse (Lorenz-Kurve) ein solches Instrument dar, das beispielsweise neben dem in der Literatur oftmals beschriebenen Einsatz im Bereich der Materialwirtschaft (vgl. z.B. [WD13]) insbesondere auch im Bereich des Marketing und Vertriebs für die Kundenbindung eingesetzt wird.

Prinzipiell geht es dabei um ein überall im Bereich der Wirtschaft auftauchendes Problem der Konzentration, dass z.B. nur anzahlmäßig wenige Kunden für die größten Umsätze stehen. Dieser Sachverhalt wird dann in der Regel als 80/20-Phänomen bezeichnet, um auf solche einseitigen Konzentrationen aufmerksam zu machen.

In vergleichbaren Kursen, in denen das gesamte Vorgehen, welches sich methodisch als kumulative Summenhäufigkeit darstellt, innerhalb einer Präsenzeinheit dargestellt wurde, kam es in der abschließenden Klausur oftmals zu großer Ernüchterung, wenn mittels Zahlen eine solche Kurve abgeleitet und interpretiert werden sollte.

Da andererseits dieses Phänomen aber in allen Bereichen des täglichen Lebens auftaucht, wurde versuchsweise eine Annäherung daran durch Übertragung auf einen für alle unmittelbar nachvollziehbaren Sachverhalt hergestellt: das eigene Zeitmanagement. Gleichzeitig konnte durch Einbeziehung eines Lernprogramms didaktisch ein neuer Weg beschritten werden:

- In einer vorgelagerten Präsenzphase wurde die Problematik des persönlichen Zeitmanagements skizziert und beispielhaft auf das Erstellen von Referaten etc. bezogen.
- In dieser Sitzung wurde dann auf das Lernprogramm Zeitmanagement hingewiesen, und dass dieses zur freiwilligen Bearbeitung für die Dauer des Kurses via LMS<sup>2</sup> zur Verfügung gestellt werde.
- Es wurde verdeutlicht, dass alles in diesem Lernprogramm der eigenen Entwicklung dienen könnte, dass aber die Inhalte selbst NICHT klausurrelevant seien.
- Es wurde allerdings darauf hingewiesen, dass sich in einem bestimmten Kapitel ein Hinweis auf Konzentrationsphänomene finde, welche wiederum in der Lehrveranstaltung selbst auch – freilich unter wirtschaftlichen Aspekten – behandelt und dann entsprechend klausurrelevant seien.

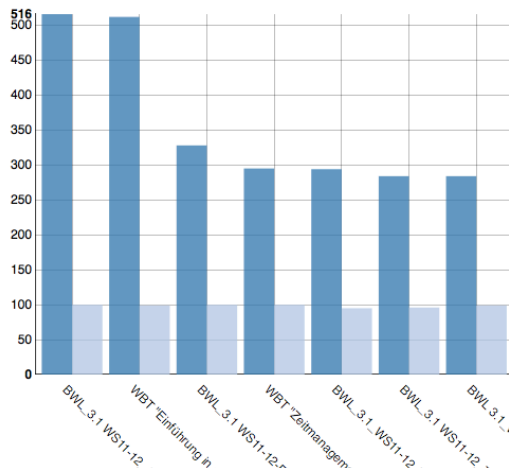
Nach der didaktischen Umgestaltung der Lehrveranstaltung fand sich im Klausurergebnis ein durchweg besseres Ergebnis zu dem Thema Konzentrationsphänomene, bei unveränderter inhaltlicher Darstellung des Themas in der Präsenzsitzung. Dies führte zu drei Fragestellungen:

---

<sup>1</sup> Studienordnung für den Studiengang Bachelor Betriebswirtschaftslehre, HTW Berlin, Fachbereich Wirtschaftswissenschaften I

<sup>2</sup> Lernplattform eCampus der HTW Berlin

1. Wie intensiv wurde das freiwillige Lernprogramm „Zeitmanagement“ benutzt, im Sinne von freiwilliger Neugier?
2. Steht die Beschäftigung mit dem Lernmodul Zeitmanagement in Zusammenhang mit einem konkreten Lernpfad, in welchem die Konzentrationsproblematik mit Hilfe des Lernprogramms
  - a. entweder vor der Präsenzsitzung
  - b. oder im Anschluss an die Präsenzsitzung nachvollzogen wird?



Die Fragestellung (1) kann einfach mit Hilfe von LeMo überprüft werden: im Durchschnitt hat sich jede/r der 100 Studierenden dreimal mit Zeitmanagement beschäftigt.

Dies ist ein Wert, welcher für ein optionales Lernangebot nicht unbedingt erwartet werden konnte, auch im Vergleich zu dem „klausurrelevanten“ WBT-Modul „Einführung in die Betriebswirtschaftslehre“, welches es auf über fünf Zugriffe brachte.

Abbildung 1: Anzahl der Zugriffe auf Lerninhalte

Die zweite Fragestellung kann mit Hilfe der LeMo-Analyse „häufige Pfade (BIDE-Algorithmus)“ angegangen werden. Bei einem Support von 80% ergibt sich folgendes Bild:



Abbildung 2: häufige Pfade der Länge 5, mit farbkodierten Lerninhalten

Alle diese Pfade wurden von mindestens 80% der Studierenden durchlaufen. Zur Identifikation verschiedener Lerninhalte innerhalb der Pfade werden diese farbkodiert: das WBT Zeitmanagement mit dunkelblau, Teil 3 der Vorlesungsfolien, welcher sich mit dem Konzentrationsphänomen beschäftigt, mit dunkelgrün, und die Aufgabenübersicht, mit der die Lernprogramme eingeführt wurden, mit hellgrün.

Die Entscheidung zwischen (2a) und (2b) ist eindeutig: von den 170 berechneten häufigen Pfaden der Länge 2 bis 5 enthalten 25 die beiden Lerninhalte Zeitmanagement und Konzentrationsphänomene in dieser Reihenfolge, die umgekehrte Reihenfolge kommt in keinem häufigen Pfad vor. Betrachtet man nur die Pfade der Länge fünf, dann enthalten 7 Pfade Zeitmanagement vor Konzentrationsphänomene.

Eine interessante Beobachtung bei den Pfaden der Länge fünf: in 8 der 25 Pfade kommt die Aufgabenübersicht (hellgrün) direkt vor Zeitmanagement (dunkelblau). Auch wenn dies nicht bedeutet, dass auf eine Aktivität (Klick) Aufgabenstellung unmittelbar eine Aktivität Zeitmanagement folgt, so spricht dies doch für eine starke Nähe. Dies spricht dafür, dass im Sinne von (1) in der Präsenzveranstaltung die Neugier geweckt wurde, welche zu einer zeitnahen Beschäftigung mit dem WBT führte.

## 5 Fazit und Ausblick

Im Ergebnis zu (1) ist definitiv festzustellen, dass erstens die eigene Neugier, welche vielleicht in der Präsenzphase geschickt angestoßen wurde, genügend Motivation ist, sich auf das optionale Lernangebot Zeitmanagement einzulassen, und dass zweitens die in vielen Studien geäußerte These, Bachelorstudierende seien zeitlich total überbelastet und an Fragen neben den unmittelbar auf die Klausur ausgerichteten Themen nicht interessiert, nicht zu halten ist. Die Beobachtung, dass kursbegleitend und nicht nur vor der Klausur mit den Online-Materialien gelernt wurde, war auf Grund vorliegender Evaluationsergebnisse nicht ganz überraschend; mit Hilfe der Analysen konnten frühere Annahmen jedoch eindrücklich bestätigt werden.

Die oben beschriebenen häufigen Pfade (hellgrün vor dunkelblau) zeigen, dass die überwiegende Mehrzahl der Studierenden durch die Vorstellung des Lernmoduls den entscheidenden Impuls erhalten haben, um das WBT Zeitmanagement aufzurufen, und erst danach die lehrveranstaltungsbegleitenden Powerpoints durchzuarbeiten.

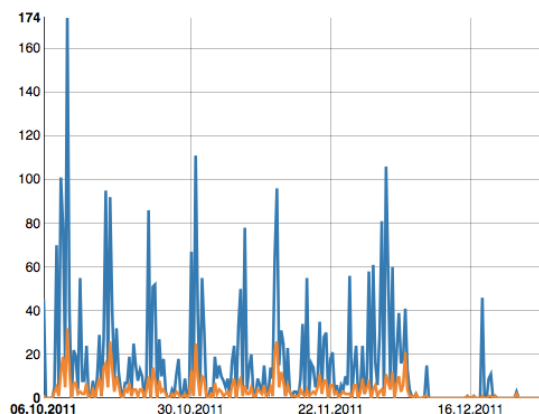
Aus den Ergebnissen für (1) und (2) kann eine deutliche Einbeziehung des Lernprogramms erkannt werden. Allerdings – und das ist durchaus verwunderlich – folgen nur wenige Studierende der Nachbereitungsstrategie (2b), sondern fast ausnahmslos der Vorbereitungsstrategie (2a). Aus Dozentensicht ist das sehr erfreulich, weil offensichtlich die beobachteten Lernpfade, in Verbindung mit den während der Präsenzphase erarbeiteten Grundlagen, den gewünschten Erfolg erzielt haben.

Mit diesen Informationen könnte künftig angesetzt werden, um weitere didaktisch sinnvolle Schritte im Sinne einer Unterstützung des selbständigen Lernens zu unternehmen:

- Ein zusätzliches Lernprogramm wird akzeptiert, wenn es die Neugier anregt – und sei es dadurch, dass der Dozent hier ein wenig 'zusätzliches Marketing' betreibt.
- Die Tendenz, den Inhalt vor der eigentlichen Präsenzphase vorzubereiten, könnte und sollte unterstützt werden, indem beispielsweise einige Fragen in ei-

nen Test eingestellt werden, der vor (!) der entsprechenden Präsenzphase freigeschaltet ist.

- Wenn die Vorbereitung stimmig ist und die Aufbereitung in der Präsenzphase die in den Vorbereitungsmaterialien genutzte Didaktik aufgreift, dann kann die Inhaltsvermittlung damit auch abgeschlossen werden. Aufgrund des mündlichen Feedbacks ist hier hinzuzufügen, dass ein Online-Test zu den Inhalten auf sehr große Resonanz stoßen würde.



Die Erkenntnis, dass sich seitens der Studierenden solche Lernpfade ergeben, wie sie hier beispielhaft beschrieben sind, kann – zumindest für diese Veranstaltung und das analysierte Setting – die These widerlegt werden, dass heutige Studierende nur auf die Klausur ausgerichtet wären und sich nur mit dem unbedingt dafür Notwendigen beschäftigen würden. Dies kann auch durch die nebenstehende Analyse mit LeMo belegt werden.

Abbildung 3: zeitlicher Verlauf der User-Aktivitäten

Die Aktivitäten, welche gleichmäßig über das Halbjahr verteilt sind, sprechen stark gegen ein gezieltes (aufwandsoptimierendes) Lernen, welches allein am Bestehen der Klausur orientiert ist.

In dem hier vorgestellten Setting ist der Einsatz des Analyse-Tools LeMo sehr hilfreich, da es ein bestimmtes Lernverhalten sichtbar macht, welches ohne diese Analysen nicht beobachtbar war, trotz eines detaillierten didaktischen Konzepts, welches auch mehrfach evaluiert wurde, und trotz Rückmeldungen von Seiten der Studierenden.

Die Analysen zeigen aber auch einige Einschränkungen des Tools LeMo:

- Mit LeMo kann nur bezüglich des Typs eines Lernobjekts, aber nicht für ein einzelnes Lernobjekt gefiltert werden. Dadurch könnte die zeitliche Nutzung des WBT Zeitmanagement nachvollzogen werden (analog zu Abbildung 3).
- Die Farbkodierungen der einzelnen Analysen sind nicht konsistent und erschweren den Vergleich verschiedener Analysen, beispielsweise den Vergleich häufiger Pfade mit verschiedenem Support. Auch zwischen den verschiedenen Arten von Analysen (Nutzungsanalyse, Navigationsanalyse) wäre eine Identifikation gleicher Lerninhalte durch eine konsistente Farbkodierung sinnvoll.
- Im vorgestellten Beispiel konnten nur häufige Pfade mit einem Support von mindestens 80% mit einer akzeptablen Antwortzeit berechnet werden (BIDE-

Algorithmus). Für detailliertere Analysen, welche auch alternative Lernpfade erkennbar machen, wären aber deutlich geringere Supportwerte wünschenswert.

Durch eine bessere Visualisierung der Analysen, Einsatz weiterer Algorithmen zur Berechnung häufiger Pfade, oder durch effizientere Implementierungen können die oben genannten Einschränkungen überwunden werden. Dies ist auch für die geplante neue Version des Analysetools LeMo vorgesehen<sup>3</sup>.

## Literaturverzeichnis

- [TP09] N. Trcka, M. Pechenizkiy (2009) From Local Patterns to Global Models: Toward Domain Driven Educational Process Mining, ISDA 2009, pp 1114-1119
- [AIS93] R. Agrawal, T. Imielinski T, A. Swami (1993) Mining association rules between sets of items in large databases. In: Proceedings of the 1993 ACM-SIGMOD international conference on management of data (SIGMOD'93), Washington, DC, pp 207–216
- [EFM13] M. Elkina, A. Fortenbacher, A. Merceron (2013) The Learning Analytics Application LeMo – Rationals and First Results. International Journal of Computing, 12(3) 2013, pp 226-234.
- [Fr03] G. Frank (2003) Lernen mit WBT und Tele-Tutor, in: F. Thissen (Hrsg): Multimediadiaktik, Berlin, pp 175-181
- [Is11] L. Issing (2011) Psychologische Grundlagen des Online-Lernens, in: P. Klimsa, L. Issing (Hrsg) Online-Lernen, 2. Auflage, München, pp 19-34.
- [KM11] B. Kopp, H. Mandl (2011) Blended Learning: Forschungsfragen und Perspektiven, in: P. Klimsa, L. Issing (Hrsg) Online-Lernen, 2. Auflage, München, pp 139-150
- [Ph97] Phillips, J. J. (1997) Return on investment in training and performance improvement programs. Boston, MA, Butterworth-Heinemann.
- [SH95] P. Schenkel, H. Holz (1995) Evaluation multimedialer Lernprogramme und Lernkonzepte, Nürnberg.
- [WD13] G. Wöhe, U. Döring (2013) Einführung in die Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, 25. Auflage, München.
- [WH04] J. Wang, J. Han (2004) BIDE: Efficient mining of frequent closed sequences. In: Proceeding of the 2004 international conference on data engineering (ICDE'04), Boston, MA, pp 79–90.

---

<sup>3</sup> <http://lemo-projekt.de>