

Tobias ROLFES, Landau, Roland WEBER, Marburg, Jochen DÖRR, Speyer, Dirk SCHMERENBECK, Ludwigshafen

Wie kann nachhaltiges Lernen mit Lernpfaden gelingen?

1. Einleitung

Bei Unterrichtssequenzen auf der Grundlage von Lernpfaden wird das Lernen mit Computern mit dem selbstgesteuerten Lernen kombiniert. Der Einsatz des Computers bietet die Chance, Darstellungen zu erzeugen und zu verknüpfen, die Lernenden von algorithmischen Berechnungen zu entlasten und als „Beschleuniger des Entdeckungsprozesses“ zu wirken (Weigand & Weth, 2002). Ein Computereinsatz im Schulunterricht kann aber auch zu einem „Handlungsaktionismus“ und einem „unreflektierten ‚Versuch-und-Irrtum-Verhalten‘“ führen (Weigand & Weth, 2002). Gerade der Einsatz von Applets kann z. B. zu einem gedankenlosen Betätigen des Schiebereglers ohne nachhaltigen Lernprozess verleiten.

Beim selbstgesteuerten Lernen muss der Lernende motivationale und metakognitive Komponenten aufweisen und um die adäquate Nutzung von sozialen Ressourcen wissen (Brunstein & Spörer, 2010). So müssen die Schülerinnen und Schüler bei einem Lernpfad überprüfen, ob sie die ersten Lernschritte ausreichend verinnerlicht haben oder eine erneute Bearbeitung erforderlich ist (metakognitive Komponente). Falls nun eine erneute Auseinandersetzung mit den ersten Schritten notwendig ist, muss der Lernende entscheiden, ob er die Lernhürden alleine oder mit einer Mitschülerin bzw. einem Mitschüler bewältigen kann oder ob er die Lehrkraft konsultieren muss (Wissen um Nutzung der sozialen Ressourcen). Schließlich muss die erneute Bearbeitung der ersten Lernschritte des Lernpfades auch wirklich durchgeführt werden (motivationale Komponente).

Unter Berücksichtigung der genannten theoretischen Aspekte wurde von den Autoren ein Lernpfad zur Einführung in die Differentialrechnung entwickelt (Dörr, Rolfes, Schmerenbeck & Weber, 2013) und in drei Lerngruppen der Einführungsphase der Oberstufe erprobt.

2. Inhaltlicher Aufbau des Lernpfades

Thema des Lernpfades ist die Einführung in den Ableitungsbegriff. Hierbei werden parallel zwei didaktische Ansätze zur Definition der Ableitung einer Funktion an einer Stelle gewählt (vgl. z. B. Danckwerts & Vogel, 2006). Zum einen wird die Ableitung als momentane Änderungsrate hergeleitet, indem der Grenzwertprozess von der mittleren zur momentanen Änderungsrate vollzogen wird. Zum anderen wird die Steigung einer Funktion

In J. Roth & J. Ames (Hrsg.), *Beiträge zum Mathematikunterricht 2014* (S. 991–994).
Münster: WTM-Verlag

an einer Stelle – dargestellt durch die Tangentensteigung an den Graphen – durch Sekantensteigungen angenähert. Diese beiden Stränge führen in eine Verallgemeinerung, indem der Differenzenquotient als Oberbegriff der mittleren Änderungsrate und der Sekantensteigung und der Differentialquotient als Oberbegriff für die momentane Änderungsrate und die Tangentensteigung eingeführt wird. Anschließend wird noch die Ableitungsfunktion definiert und für einfache Funktionen bestimmt.

3. Gestaltungselemente

Beim Thema Differentialrechnung bietet der Computer die Möglichkeit, den Grenzwertprozess zu visualisieren. Im Internet finden sich vielfach Applets, die den Übergang von der Sekantensteigung zur Tangentensteigung darstellen. Dabei können die Lernenden mit Hilfe des Zugmodus zwei Schnittpunkte einer Sekanten mit dem Funktionsgraphen einander annähern und beobachten, wie die Sekante sich immer mehr der Tangente angleicht. Das Applet berechnet gleichzeitig den Wert der Sekantensteigung, welcher sich immer mehr dem angegebenen Wert der Tangentensteigung annähert. Hier besteht die Gefahr, dass die Schülerinnen und Schüler zwar oberflächlich diese beiden Näherungsprozesse – den graphischen und den numerischen – wahrnehmen, aber nicht die Bedeutung und die Zusammenhänge hinterfragen. Hierdurch kann eine Verständnisillusion ohne nachhaltigen Lerneffekt entstehen. Im hier vorgestellten Lernpfad wird den Lernenden daher ein „unvollständiges“ Applet präsentiert, in dem die benötigten Werte für die Berechnung der Sekantensteigung zunächst in der Zeichnung identifiziert werden müssen. Diese Vorgehensweise dient zum einen der Entschleunigung des Lernprozesses, zum anderen der Unterstützung beim Darstellungswechsel.

In einem anderen Applet zur Bestimmung der mittleren Änderungsrate eines Füllvorgangs wird die Berechnung nicht vollständig dem Computer überlassen. Zwar können die Funktionswerte dem Applet entnommen werden, es muss aber selbstständig herausgefunden werden, dass die Differenz der Funktionswerte durch die Differenz der x -Werte dividiert werden muss. Somit werden die Schülerinnen und Schüler von der algorithmischen und fehleranfälligen Berechnung von Funktionswerten entlastet, können die Genese des Differenzenquotienten aber selbsttätig entdecken.

Eine weitere Möglichkeit der Entschleunigung bieten metakognitive, reflexive Aufgaben. Hierbei sollen die Schülerinnen und Schüler selbstständig das Gelernte verknüpfen. Während der Erprobung war deutlich beobachtbar, dass die Phasen des Erkenntnisprozesses von einzelnen Lerngruppen zu sehr differierenden Zeitpunkten durchlaufen wurden. In einem eher leh-

rerzentriertem Unterricht hätten einige Schülerinnen und Schüler den Prozess vermutlich nicht vollständig selbst vollziehen können, da im Unterrichtsgespräch bereits eine Austausch darüber stattgefunden hätte. Eine weitere Vorgehensweise, um metakognitive Prozesse zu initiieren, ist die Dokumentation des Lernprozesses. So erhalten die Schülerinnen und Schüler zu Beginn des Lernpfades den Auftrag, ihren Lernprozess vollständig zu dokumentieren.

Bei Schülerinnen und Schülern, die nur wenig Erfahrung im selbstgesteuerten Lernen haben, können lange Phasen des selbstgesteuerten Lernens zu Problemen, Verunsicherungen und Demotivation führen. Daher werden im Lernpfad an geeigneten, zentralen Stellen Plenumsphasen eingeplant. Ziel dieser Plenumsphasen, die z. B. als Unterrichtsgespräch stattgefunden haben, ist es, das Gelernte zusammenzuführen und zu sichern und dabei eventuell aufgetretene Verunsicherungen der Schülerinnen und Schüler abzubauen. Dabei soll Transparenz über die Lernziele und den Lernfortschritt hergestellt werden. Um zu erreichen, dass die Schülerinnen und Schüler trotz der Arbeit im eigenen Lerntempo zur gleichen Zeit an einer Plenumsphase teilnehmen können, sind Aufgaben zur zeitlichen Differenzierung eingeplant.

Die Arbeit am Computer findet häufig in Partnerarbeit statt. Um die Lernenden dabei zu unterstützen, die sozialen Ressourcen besser zu nutzen, sind im Lernpfad Kooperationsphasen eingebaut, bei denen sich die Lernteams verschiedener Computer treffen und über die letzten Lernschritte austauschen. Dieses dient der gegenseitigen Unterstützung, der Rückmeldung und Ergebniskontrolle. Die Austauschphasen sind auch Reflexionsanlässe, da die Schülerinnen und Schüler dabei den Lerngegenstand und ihren Lernfortschritt verbalisieren müssen. Es soll durch den zielorientierten Wechsel von kooperativen und individuellen Lernphasen eine soziale Lernstruktur geschaffen werden.

4. Fazit

Die Erprobung hat gezeigt, dass es mit Hilfe eines computerbasierten Lernpfades möglich ist, selbstgesteuertes Lernen zu initiieren. Als besonders wichtig haben sich dabei die beschriebenen Gestaltungselemente herausgestellt. Insbesondere zwei Gestaltungselemente – Applets und Plenumsphasen – haben maßgeblich zum Gelingen der Unterrichtssequenz beigetragen.

Die im Lernpfad bereitgestellten GeoGebra-Applets forderten die Schülerinnen und Schüler auf, die in den Applets dargestellten Elemente aktiv zu hinterfragen und bereiteten die rechnerische Auseinandersetzung mit weiterführenden Aufgaben vor. Zudem trugen sie zur Entschleunigung des

Lernprozesses bei, da durch die technisch sparsame Gestaltung der Applets die Initiierung von megakognitiven Prozessen begünstigt wurde.

Daneben waren die Plenumsphasen ein weiteres wichtiges Element. Gerade der Wechsel zwischen den selbstständigen Erarbeitungsphasen und der direkten Rückmeldung durch die Lehrkraft bestärkte die Schülerinnen und Schüler in ihrem bisherigen Handeln und begünstigte und unterstützte den Lernfortschritt. Dabei können die Plenumsphasen durchaus unterschiedlich gestaltet und an die Bedürfnisse einzelner Gruppen angepasst werden. So sind diese Phasen bei leistungsschwächeren Gruppen dazu geeignet, mögliche Verständnisschwierigkeiten zu klären. Bei leistungsstärkeren Gruppen kann die Plenumsphase der Behandlung ergänzender Fragestellungen dienen. Das Einbinden von Plenumsphasen ermöglicht zudem die Vorteile eines lehrergesteuerten Unterrichts mit den Vorteilen des selbstgesteuerten Lernens zu verknüpfen.

Die Konzeption und Erstellung eines Lernpfades ist zunächst, wie bei allen neuen Unterrichtsmethoden, mit zeitlichem Mehraufwand verbunden. Um dennoch die Vorzüge der Lernpfade zeitnah im Unterricht nutzen zu können, empfiehlt sich die Verwendung bereits vorhandener Lernpfade (zu finden unter www.mathematik-digital.de) oder die Erstellung von zunächst nur kurzen Unterrichtssequenzen. Das Anfertigen von Lernpfaden ist zudem auch ein idealer Ausgangspunkt für kollegiale Zusammenarbeit, da ein gemeinschaftliches Bearbeiten zeitliche Ressourcen schont. Durch die klassenübergreifende Zusammenarbeit entsteht ein Pool an Lernpfaden, der in kommenden Schuljahren wieder eingesetzt werden kann.

Die Rückmeldung der Schülerinnen und Schüler als auch die Unterrichtsbeobachtung der Autoren haben gezeigt, dass die Lernpfade ein großes Potential bieten, um selbstgesteuertes Lernen im Mathematikunterricht zu fördern. Außerdem können sie nicht unwesentlich zu einem abwechslungsreichen und interessanten Unterricht beitragen.

Literatur

- Brunstein, J. C. & Spörer, N. (2010). Selbstgesteuertes Lernen. In D. H. Rost (Hrsg.), *Handwörterbuch pädagogische Psychologie* (4. Aufl., S. 751–759). Weinheim: Beltz.
- Danckwerts, R. & Vogel, D. (2006): *Analysis verständlich unterrichten*, München: Spektrum.
- Dörr, J., Rolfes, T., Schmerenbeck, D. & Weber, R. (2013): *Einführung in die Differentialrechnung*. Verfügbar unter http://wikis.zum.de/zum/Mathematik-digital/Einfuehrung_in_die_Differentialrechnung (03.03.2014)
- Weigand, H.-G. & Weth, T. (2002). *Computer im Mathematikunterricht. Neue Wege zu alten Zielen*. Heidelberg: Spektrum.