

Mathematikunterricht 4.0

Wie wird der Mathematikunterricht an unserer Schule, dem Franz-Stock-Gymnasium in Arnsberg (FSG), in zehn Jahren aussehen, wenn wir umfangreicher und intensiver digitale Medien zur Unterstützung von Lernprozessen einsetzen (vgl. Pallack, 2016)? Unter diesem Motto startete unser Projekt mit der Einführungsphase in die gymnasiale Oberstufe im Schuljahr 2014/15 im Rahmen des Landesvorhabens SINUS.NRW. Der Schülerjahrgang 2014/15 war der erste, der in der Einführungsphase nach den neuen kompetenzorientierten Kernlehrplänen (MSW, 2014) unterrichtet wurde, sodass wir auch aus diesem Grund eine hohe Motivation hatten, zu untersuchen, welchen Beitrag der Einsatz digitaler Medien bei der unterrichtlichen Umsetzung der im Lehrplan ausgewiesenen Kompetenzerwartungen leisten kann. Unsere Projektgruppe nahm sich vor, hierzu Unterrichtsideen, -materialien und -szenarien zu entwickeln und zu erproben.

In diesem Beitrag berichten wir über den Verlauf unseres Projektes bis zum Frühjahr 2017, in dem die oben genannten Schülerinnen und Schüler ihre Abiturprüfung abgelegt haben. Ergänzend stellen wir im Netz die von uns für die Einführungsphase entwickelten Materialien und weitergehende Informationen zur Verfügung. Die Adressen sind im Beitrag an entsprechender Stelle angegeben.

[ergänzende
Materialien](#)

1. Ausgangslage und Zielsetzungen

Unser Projekt startete mit einer Planungsphase Ende 2013. Die Gruppe bestand aus fünf Lehrkräften, die sich in dieser Phase wöchentlich zusammensetzten. Wir teilten die Überzeugung, dass der Einsatz digitaler Medien in den Händen von Schülerinnen und Schülern gerade auch im Mathematikunterricht besondere Möglichkeiten und Chancen für den Kompetenzerwerb bietet. Dabei haben wir das Spektrum der Medien, die wir einsetzen wollten, deutlich breiter gefasst als die Medien, die im Kernlehrplan und in den Bildungsstandards der KMK mit dem Begriff „Werkzeuge“ belegt sind. Wir wollten von vornherein auch solche Medien für das Mathematiklernen fruchtbar machen, die Schülerinnen und Schüler täglich und selbstverständlich nutzen – also insbesondere das Smartphone, das im Unterricht zur Kommunikation, zur Dokumentation (Text, Bild, Video) sowie als Client für weitere zahlreiche im Unterricht gewinnbringend einzusetzende Apps genutzt wird.

[Smartphone
im Unterricht](#)

Uns war bewusst, dass der unterrichtliche Einsatz von privaten Schülergeräten hinsichtlich datenschutzrechtlicher und urheberrechtlicher Fragen, einer Vermischung von schulischer und privater Sphäre und einer heterogenen

Ausstattung mit Geräten nicht unproblematisch ist. Dennoch haben wir uns dadurch nicht von unserem Vorhaben abhalten lassen und versucht, Lösungen und Antworten auf Fragen zu finden, die sich in diesem sensiblen Bereich im Verlauf des Projektes stellten.

schuleigene Medienkonzepte

Neben den Erprobungen an der eigenen Schule konnten wir unsere Ideen und Beispiele in Vorträgen und Workshops mit Lehrkräften und Multiplikatorinnen und Multiplikatoren z. B. aus der Medienberatung breit streuen und trafen dabei auf ein großes Interesse. So haben sich bereits andere Schulen auf den Weg gemacht, unseren Ansatz zur Weiterentwicklung ihrer schuleigenen Medienkonzepte (vgl. z. B. Radzimski-Coltzau & Burghardt, 2017) zu nutzen.

Rückmeldungen und Erkenntnisse aus diesen Schulen flossen im letzten Projektjahr in die Überarbeitung und erneute Erprobung unserer bereits entwickelten Beispiele ein. Auf dieser Grundlage hat sich das FSG auf den Weg gemacht, ein Gesamtkonzept zur reflektierten Nutzung von digitalen Medien im Mathematikunterricht zu entwickeln.

Umgang mit anfänglicher Skepsis

Anfangs gab es erwartungsgemäß in unserer Fachschaft auch Stimmen, die unserem Vorhaben kritisch oder abwartend skeptisch gegenüberstanden. So haben wir auch nicht von vornherein versucht, alle Fachlehrkräfte zum Mitmachen zu überreden, sondern uns mit den Motiven bzw. Ursachen für diese Haltung auseinandergesetzt.

Zum einen scheint eine (noch) nicht als ausreichend empfundene Infrastruktur (Hardware/Internetzugang) für diese Kolleginnen und Kollegen ein Problem zu sein. Die Haushaltslage an unserer Schule lässt nur sukzessive Optimierungen zu. Auch die Administration der technischen Systeme war und ist nicht immer im wünschenswerten Umfang gesichert, sodass eine zu große Abhängigkeit von einer möglicherweise nicht immer funktionierenden Technik befürchtet wurde. Eine besondere Hürde stellte zudem eine mangelnde Vertrautheit im eigenen Umgang mit digitalen Medien dar. Hier wurden zu Recht Fortbildungsangebote erwartet.

Fortbildung der Lehrkräfte

Um einer möglichen Skepsis von Eltern zu begegnen, haben wir eine Informationsveranstaltung für die Eltern und Erziehungsberechtigten zu Beginn der Einführungsphase durchgeführt. Denn nur eine gute Zusammenarbeit von Schulleitung, Lehrkräften und Erziehungsberechtigten führt nach unseren Erfahrungen zu einem nachhaltigen und erfolgreichen Einsatz digitaler Medien in der Schule.

Projektverlauf

Im Vordergrund der Planungsphase ab Ende 2013 stand das Sich-Vertraut-Machen mit den gängigsten digitalen Medien entweder durch Selbststudium oder durch kurze schulinterne Fortbildungen anhand von bereits von einzelnen Kolleginnen und Kollegen erprobten Unterrichtsmaterialien. Auf unseren wöchentlichen Gruppentreffen zeigte sich, dass bereits eine Vielzahl von guten Ideen aus dem „normalen Unterrichtsalltag“ vorhanden war und diese nur noch für den Einsatz in der Oberstufe und damit für die Nutzung in unserem Projekt optimiert werden mussten. In diesem Zusammenhang wurden auch erste Arbeitsblätter entwickelt und untereinander ausgetauscht.

Nach und nach zeigten weitere Kolleginnen und Kollegen Interesse an Fortbildungsangeboten von Mitgliedern der Projektgruppe. Aus diesen anfangs recht kurzen Fortbildungen entwickelte sich in den letzten beiden Projektjahren ein in

unregelmäßigen Abständen stattfindendes Angebot an Fortbildungsnachmittagen für die gesamte Mathematik-Fachschaft des FSG oder auch für Teilgruppen der Fachschaft. So werden beispielsweise neue Kolleginnen und Kollegen zeitnah im Umgang mit den bei uns verfügbaren digitalen Medien geschult, und das Vorstellen von „Good Practice“ zum Einsatz digitaler Medien ist mittlerweile gängige Praxis. Dabei kommen uns die inzwischen gut ausgebaute Infrastruktur sowie die personelle Situation zu Gute. Neben Mitgliedern der Kompetenzteams (Mathematik und Medienberatung) haben wir im Kollegenkreis Moderatorinnen und Moderatoren des T³-Netzwerkes und weitere seit einigen Jahren im Bereich Fort- und Weiterbildung im Fach Mathematik aktive Lehrkräfte. Dadurch können wir aus den eigenen Reihen immer wieder vielfältige und kreative Impulse setzen.

„Good Practice“

Gerade am Anfang eines solchen Vorhabens wird man nicht allen Ansprüchen gerecht, die mit dem Einsatz der digitalen Medien einhergehen. Aber da wir uns gemeinsam eingearbeitet und kontinuierlich voneinander gelernt haben, konnten aufkommende Bedenken gegenüber unserem Vorhaben schnell reduziert und mittlerweile nahezu vollständig abgebaut werden.

Bis zu den Sommerferien 2014 entstanden so in Kleingruppen die ersten Arbeitsblätter inklusive eines didaktischen Kommentars, die in der Einführungsphase im neuen Schuljahr zum Einsatz kommen sollten. Um den Ablauf innerhalb der sieben Mathematikurse der Einführungsphase besser koordinieren und ein einigermaßen gleichsinniges Vorgehen gewährleisten zu können, wurde der Einsatz der entwickelten Arbeitsblätter im Konsens mit allen Fachlehrkräften im schulinternen Curriculum verankert. Außerdem wurden Wochenarbeitspläne oder auch binnendifferenzierende Aufgabenlisten und (digitale) Checklisten zu den einzelnen Unterrichtsvorhaben erstellt. Aufgrund der Fülle der Materialien werden im Rahmen dieser Veröffentlichung nur das Material der EF und ausgewählte Inhalte der Q1 von uns bereitgestellt. Diese Materialien sind online verfügbar und beziehen sich in der Regel auf unser Schulbuch, den aktuellen Lambacher-Schweizer NRW für die Einführungsphase (2015). Neben dem Lambacher-Schweizer NRW werden am FSG in einigen Kursen in der Einführungsphase und in den Mathematikleistungskursen die entsprechenden Bände von Bigalke-Köhler (2015a, b) parallel eingesetzt.

Die weiteren Materialien für die Q-Phase sind auf der Schulwebseite auf Nachfrage (info@fsg-arnsberg.de) und nach Übersendung eines Passwortes verfügbar. Für die Schülerinnen und Schüler waren die Inhalte des Kurses in einem passwortgeschützten Bereich einer Cloud im Internet zugänglich. Sie konnten dort alle Arbeitsblätter, Aufgabenlisten und Checklisten herunterladen und selbst erstellte Lösungen oder Lernvideos einstellen. Der Umgang mit der Plattform in der Cloud erwies sich als recht kompliziert, da die meisten Lernenden nicht an dieses System gewöhnt waren und im ersten Durchlauf der EF hinsichtlich der Techniknutzung ziemlich stark geführt werden mussten.

In den folgenden Jahrgängen haben wir nach diesen ersten Erfahrungen den Anteil der online bereitgestellten Materialien reduziert, dies auch aufgrund der Tatsache, dass wir mittlerweile über eine eigene Messenger-App verfügen, mit der wir z. B. in Echtzeit Lösungen und Videos problemlos an die Kurse verteilen können. Darüber hinaus nutzen wir einen einfach zu handhabenden digitalen Notizblock mit komfortablen Möglichkeiten für die Strukturierung (Buch-Metapher) und Seitengestaltung der eingestellten Informationen (u. a. Texte, Grafiken, andere Dateien). Das FSG hat sich für die Software OneNote entschieden.

Messenger-App

Mediendidaktik

Immer wieder erreichen uns Anfragen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht auch mit Blick auf andere Fächer. Aus diesem Grund wurde die für Mediendidaktik am FSG verantwortliche Kollegin, die selbst nicht das Fach Mathematik unterrichtet, in das Vorhaben eingebunden. Gemeinsam erarbeiteten wir ein Programm für interessierte Besucherinnen und Besucher unserer Schule, welches die Chancen der Mediennutzung nicht nur im Mathematikunterricht, sondern auch in anderen Fächern beinhaltet.

Zukunftsschulnetzwerk

Denn im Zuge des Projektes wurden am FSG Strukturen geschaffen, die es allen Fächern ermöglichen, den Einsatz digitaler Medien im Unterricht voranzutreiben (vgl. Radzinski-Coltzau & Burghardt, 2017). Auch wurde von unserer Seite der Kontakt zu anderen Schulen mit vergleichbaren Ansätzen gesucht, um unsere eigenen Ansätze und Konzepte stetig im Vergleich zu überprüfen, zu optimieren und auszuscharfen. Als Folge davon arbeitet das FSG als Referenzschule in Kooperation mit dem Annette-von-Droste-Hülshoff-Gymnasium Münster und dem Theodor-Heuss-Gymnasium Waltrop in dem ersten Zukunftsschulnetzwerk „Digital Science: MINT mit GTR & Co“, in dem schwerpunktmäßig die digitale Messwerterfassung im MINT-Bereich (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik) thematisiert wird (vgl. <https://www.fsg-arnsberg.de/zukunftsschulen-nrw/>).

2. Beispiel(e) für einen Mathematikunterricht mit digitalen Medien

Im Folgenden stellen wir zwei Beispiele für den Mathematikunterricht mit digitalen Medien näher vor. Weitere Beispiele werden, wie oben ausgeführt, zum Download angeboten.

Beispiel EF: Wir tanzen Funktionen

Für den Einstieg wird ein Bild (Abbildung 1) angeboten, in dem jüngere Schüler versuchen, von Beispielen auf einen allgemeinen Zusammenhang zu schließen.



Abbildung 1: Schließen vom Beispiel auf allgemeine Regeln

Damit vorbereitet wird der Arbeitsauftrag 1, in dem Wertetabellen erstellt werden. Anhand des Bildes können Aspekte wie Unterschiede zwischen den Intervallen $]-\infty, -1[$; $]-1, 0[$; $]0, 1[$ und $]1, \infty[$ bezüglich der Funktionswerte von Potenzfunktionen herausgearbeitet werden. Folgende Anschlussfragen bieten sich an: „Ist x^4 immer größer als x^2 ?“ oder „Für welche x ist x^5 größer als x^3 ?“

Zum Ausfüllen der Tabelle wird das digitale Medium Funktionenplotter verwendet, indem die Terme als Funktionen eingegeben und entsprechende Wertetabellen angezeigt werden. In diesem einfachen Fall kann die Ausgabe des Rechners auf Plausibilität geprüft werden – zusätzlich erhält man auch die Graphen der angegebenen Potenzfunktionen.

Funktionenplotter

Arbeitsphase

Je nach Verlauf des Unterrichts, nämlich dann, wenn Lernende Schwierigkeiten haben, den Verlauf von Potenzfunktionen zu beschreiben, muss bereits früh mit der Sicherung begonnen werden – Arbeitsauftrag 3 kann dann vorgezogen werden.

Mit Arbeitsauftrag 2 werden Potenzfunktionen mit der Stellung der Arme verbunden. Die Erfahrung zeigt, dass diese Art des Memorierens besonders eindrücklich ist, da zum einen leicht darauf zurückgegriffen werden kann und es – bei gutem Arbeitsklima in der Lerngruppe – Spaß macht.

Aus urheberrechtlichen Gründen kann ein Material hier nicht angeboten werden, das sich jedoch als besonders motivierend erwies. Es handelt sich um Ausschnitte aus dem Film „Saturday Night Fever“ mit John Travolta¹. Ab 1:43 Minuten kann eine spezifische Bewegung des Films gut analysiert werden: Es handelt sich um eine Auf- und Ab-Bewegung des rechten Arms. Mit ein wenig Phantasie kann dieses durch abwechselndes Plotten der Potenzfunktionen $-x^2$ und $-x^3$ dargestellt, also modelliert werden. Es bietet sich an, diese Choreographie im Plenum zu bearbeiten und dabei auch die Rolle des Minuszeichens zu klären.

Die Choreographien aus Arbeitsauftrag 2 können anschließend von den Lernenden erarbeitet werden. Eine Präsentation bietet sich in diesem Fall an. Das kann live im Klassenraum geschehen oder mittels Filmaufnahmen mit Handys oder Tablets. Im zweiten Fall ist es erfahrungsgemäß förderlich für die Bereitschaft der Schülerinnen und Schüler, ihre Choreographie als Aufzeichnung vorzustellen, wenn man ihnen vorab mitteilt, dass die Filmaufnahmen direkt nach der Präsentation gelöscht werden.

Funktionen tanzen

Je nach Leistungsfähigkeit der Lerngruppe kann – bei gutem Verlauf – die mit Arbeitsauftrag 3 intendierte Sicherung an die Schülerinnen und Schüler übergeben werden. Lehrbücher bieten hier meist gute Lehrtexte. Zentral für die Nachhaltigkeit des vorgestellten Ansatzes ist der stetige Rückgriff auf die Ebene der Argumentation. Lernende, die den Verlauf der Potenzfunktionen begründen können, werden leichteren Zugang zur Symmetrie von Funktionen, zum Verhalten von Funktionen im Unendlichen sowie zum Verhalten von Funktionen nahe bei Null finden.

Springt die Lerngruppe auf die mit Arbeitsauftrag 2 verbundene Bewegung gut an, kann ergänzend ein Musikvideo aufgenommen werden. Dazu bieten sich Apps wie Video Star an – ein GEMA-freies Lied „Show me a nice X“ liegt dem Material bei.

1 Unter <http://youtu.be/N6IgSRGIScs> kann man einen Filmausschnitt anschauen.

Beispiel Q1 Leistungskurs: Der Einsatz eines Spirometers zur Bestimmung des Lungenvolumens mit Hilfe der Integralrechnung

Messwerterfassung Digitale Medien bieten Chancen für Anwendungsbezüge im Mathematikunterricht. Ein Beispiel: Mit Hilfe von Messwerterfassungssystemen werden Kurven in realen Situationen vom CAS-Taschenrechner TI-*n*Spire aufgezeichnet und daraus Schlussfolgerungen auf die maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit der Schülerinnen und Schüler gezogen.

Ein normaler Tag in einem Mathematikleistungskurs am FSG. Ein normaler Tag? Die Schülerinnen und Schüler des Leistungskurses von Herrn Burghardt trafen sich diesmal zu einer Stunde im hauseigenen Kraftraum des Franz-Stock-Gymnasiums in Arnsberg. Unterstützt wurde der Lehrer dabei von Frau Simon. Die Lernenden wurden zwar schon das eine oder andere Mal von den kreativen Unterrichtsideen der beiden überrascht, aber im Mathematikunterricht Sportkleidung anzulegen, sorgte dann doch für ungläubiges Staunen und gespannte Erwartung. „Naja, immerhin ist Herr Burghardt auch Sportlehrer und wird sich etwas dabei denken ...“ (O-Ton einer Schülerin).

Lungenvolumen Nachdem alle versammelt waren, wurde das Thema der Stunde „Bestimmung des Lungenvolumens mit Hilfe der Integralrechnung“ bekannt gegeben und fand bei vielen Schülerinnen und Schülern großen Anklang. Schließlich besuchte ein Großteil neben dem Mathematik- auch den Sport-LK. Die eingesetzte Technik wurde von den beiden Lehrkräften kurz erläutert, letzte Fragen geklärt und los ging es mit den Messungen. Dank der verwendeten Geräte war dieser Teil ohne Probleme umsetzbar. Im Anschluss an die Erfassung der benötigten Daten wurde in den Nebenraum gewechselt und die Gruppen begannen mit der Auswertung der Daten, um die Lungenvolumina zu bestimmen.

Zu Beginn wurden beispielhaft die Werte eines Schülers, die bei verschiedenen Belastungsstufen vorab aufgezeichnet worden waren, in Form eines Gruppen- bzw. Expertenpuzzles analysiert, um dem Kurs die notwendigen Schritte zur Bestimmung des Lungenvolumens zu verdeutlichen. Die Ergebnisse wurden besprochen und als Hausaufgabe sollten die eigenen Werte berechnet werden. Das Arbeitsmaterial dazu steht unter der nebenstehenden Adresse zum Download zur Verfügung (<https://www.fsg-arnsberg.de/sinus-nrw/>).

Abschließend einige Erläuterungen zu dieser drei Unterrichtsstunden umfassenden Unterrichtssequenz: Das verwendete Spirometer zeichnet die Luftdurchflussgeschwindigkeit beim Atmen auf und der TI-*n*Spire CAS zeigt den zugehörigen Graphen an. Wird nun die Fläche zwischen diesem Graphen und der x-Achse innerhalb eines Atemzuges berechnet (ein- oder ausatmen, also zwischen zwei Nullstellen), so entspricht das Ergebnis dem Lungenvolumen der Testperson während eines Atemzuges.

Die Messungen können von mehreren Testpersonen oder unter verschiedenen äußeren Bedingungen (Belastungen) durchgeführt werden. Das führt zu verschiedenen Ergebnissen, die unter biologischen oder sportlichen Aspekten interpretiert werden müssen.

Die Berechnung des Lungenvolumens startet mit der Modellierung eines möglichen Funktionsterms:

Eine erste Idee ist eine Funktion zweiten Grades im Intervall I, also von einer Nullstelle bis zur nächsten, mit einem Hoch- oder Tiefpunkt:

Beispiel: $I = [5,5 ; 9], HP (7,25 | 3)$

$$f(x) = -0,98 x^2 + 14,2 x - 48,5$$

Berechnung des Flächeninhalts unter der Funktion im Intervall :

$$\int_{5,5}^9 f(x)dx = 6,78 \approx 7$$

Mit dem TI-*n*Spire CAS sind die für die Modellierung erforderlichen Gleichungen einfach zu lösen. Das öffnet Zeitfenster, um mit der Lerngruppe über das Thema „Genauigkeit der Ergebnisse“ in ein Gespräch zu kommen: Durch die Wahl der Intervalle, unterschiedlicher Nullstellen und Extrema werden abweichende Ergebnisse erzielt. Auch ist zu diskutieren, ob eine Funktion zweiten Grades ausreicht, um die Atemkurve darzustellen, oder ob sich eine Funktion vierten Grades nicht besser eignet. Zur weiteren Diskussion laden auch unterschiedlich hohe Ein- und Ausatemkurven ein. Wie groß ist der Messfehler?

Modellierung



Abbildung 2: Screenshot von <http://goqr.me> mit eingefügtem Textbeispiel

Die Hilfestellungen zu den einzelnen Aufgaben zu dieser Unterrichtssequenz wurden auf den Arbeitsblättern als QR-Codes gespeichert, sodass Lerngruppen sie mit einem Tablet oder Smartphone und der entsprechenden App je nach Bedarf entschlüsseln können. Da der Text direkt in den QR-Codes gespeichert wird, ist zum Entschlüsseln keine Internetverbindung notwendig. Mit dieser Variante der Hilfestellung entfällt das Bedrucken unterschiedlicher Kärtchen und Verpacken in Briefumschlägen. Eine dafür geeignete App ist z. B. bei *QR Droid Private* zu finden.

Hilfen über QR-Codes

QR-Codes, in denen Text etwa als „Hilfekarte“ hinterlegt ist, lassen sich mit Hilfe entsprechender Webseiten sehr leicht selbst generieren. Bei der Suchanfrage „QR Code generieren“ werden direkt mehrere Webseiten angezeigt (z. B. <http://goqr.me>). Auf der entsprechenden Seite erscheint ein Textfeld, in das ein beliebiger Text oder eine Formel eingefügt werden kann. Neben dem eingegebenen Text erscheint der zugehörige QR-Code. Dieser kann kopiert und an beliebiger Stelle in ein Textdokument eingefügt werden. Bei der Textlänge ist eine Beschränkung auf etwa 300 Zeichen sinnvoll, andernfalls werden die QR-Codes schlecht lesbar oder sie müssen sehr groß abgebildet werden, damit die Kamera sie problemlos erfassen kann (vgl. Simon, 2017).

3. Thesen zum Medieneinsatz an unserer Schule

Die Diskussionen um den verstärkten Einsatz digitaler Medien in den Schulen werden häufig von technisch wichtigen, aber pädagogisch wenig relevanten Fragen dominiert – etwa: Eignet sich ein Tablet-PC besser als ein grafischer Taschenrechner (GTR)?

Statt über Chancen und Möglichkeiten des Medieneinsatzes für das kompetenzorientierte Lernen nachzudenken, beschränkt sich eine solche Diskussion auf die Auswahl des vermeintlich vorteilhaftesten technischen Gerätes. Im Kern sollte es aber um die Frage gehen: Wie gestaltet man (schulische) Bildung in einer zunehmend von digitalen Medien durchdrungenen und vernetzten Welt?

Diese Frage ist äußerst vielschichtig und komplex. Auf der Grundlage unserer unterrichtlichen Erfahrungen versuchen wir trotzdem eine erste, sicherlich subjektive und vorläufige Antwort darauf zu geben, indem wir vier Thesen formulieren, die unseres Erachtens zentrale pädagogische Herausforderungen der Entwicklung skizzieren und entsprechende Handlungsfelder markieren:

- Die universelle Verfügbarkeit digitaler Medien im Unterricht prägt und verändert Kommunikation auch in Lernkontexten.
- Der Umgang mit digitalen Medien erweitert das bisherige Repertoire der traditionellen Kulturtechniken (Lesen, Schreiben, Rechnen).
- Digitale Medien können das fachliche Lernen bereichern.
- Digitale Medien müssen selbst Gegenstand des (fachlichen) Lernens sein.

These 1: Veränderte Kommunikation

Dass sich Kommunikation durch digitale Medien wie z. B. soziale Netzwerke verändert und dass dies auch kritisch betrachtet werden muss, ist unstrittig. Die zahlreichen Handyverbote in Schulen sind ein Beleg dafür. Wir haben uns entschlossen, hinsichtlich des verantwortungsvollen Umgangs mit digitalen Medien, die Schülerinnen und Schüler besitzen und täglich nutzen, präventiv zu agieren und u. a. Kommunikation in Lernprozessen in der gymnasialen Oberstufe durch den Einsatz von Handys zu unterstützen. Für Schülerinnen und Schüler bzw. deren Eltern, die private Handys nicht besitzen oder für unterrichtliche Zwecke nicht verwenden möchten, stehen im FSG Leihgeräte zur Verfügung.

Nicht nur für den Mathematikunterricht bietet der Handyeinsatz die Möglichkeit, fachliche Fragestellungen nicht nur im direkten Gespräch, sondern auch zeitversetzt in Chats zu bearbeiten, sofern Lehrkraft und Schülerinnen und Schüler diese Möglichkeit in gegenseitigem Einvernehmen und auf freiwilliger Basis nutzen möchten. Ferner können Feedback-Prozesse im Unterricht (z. B. kurze Umfragen zu Lerninhalten unter Wahrung der Anonymität der Antwortenden) mit geringem Aufwand realisiert werden. Zur Organisation von Lernprozessen ist der Handyeinsatz von Vorteil, wenn Termine geklärt, Raum- oder Zeitänderungen mitgeteilt oder auch Dateien mit Schülerlösungen oder Aufgaben verteilt, eingesammelt oder untereinander ausgetauscht werden sollen.

Grundlage für dieses alles ist die Verwendung einer Messenger-App in den Kursgruppen. Wir waren uns aber auch einig, dass beispielsweise das von Schülerinnen und Schülern genutzte WhatsApp dafür nicht der geeignete Dienst ist, schon allein wegen der Vermischung von schulischer und privater Nutzung des Dienstes sowie wegen der einzuhaltenden Datenschutzbestimmungen. Daher haben wir den Kontakt zu einem Software-Entwickler gesucht und uns dazu entschlossen, einen auf unsere Belange zugeschnittenen eigenen Messenger in einem

schnelles
Feedback

intensiven Rückkopplungsprozess zwischen technischer Entwicklung und unterrichtlicher Erprobung programmieren zu lassen – den *Sepia Messenger*.

Sepia Messenger

Sepia Messenger ist eine Softwarelösung, die Funktionen für eine gruppenbasierte Kommunikation und ein gruppenbasiertes Feedback bietet. Neben Messenger-typischen Funktionen wie z. B. Austausch von Nachrichten oder Dateien sind insbesondere auf einen Einsatz in Schulen, aber auch auf andere Einsatzfelder wie z. B. Tagungen und Workshops ausgerichtete weitere Anforderungen umgesetzt worden. So können z. B. Umfragen schnell und unkompliziert erstellt werden, so dass Handy-gestützte Feedback-Prozesse (audience response) ermöglicht werden.

Die Software basiert auf einem Client-Server-Modell, das mehrere Arten von Endgeräten zulässt. Die Clientseitige Nutzung ist möglich über

- ein *Web-Portal*, für den Einsatz auf PCs mittels Web-Browser,
- eine *native App*, für Android und iOS (derzeit nicht für Windows),
- eine *Web-App*, für den herstellerunabhängigen Einsatz auf mobilen Geräten mittels Web-Browser.

Zur Nutzung ist für die jeweilige Institution ein Zugang zu einem Server nötig. Für Benutzer können persönliche Accounts erstellt und nach einem Registrierungsverfahren von diesen unmittelbar verwendet werden. Die Besonderheit bei der Registrierung liegt darin, dass keine persönlichen Daten eingegeben werden müssen. Es wird keine Verknüpfung mit der eigenen Handynummer oder dem eigenen Namen erstellt. Später kann optional ein (Nick-) Name selbst eingegeben werden, der den anderen Nutzern in Kontaktlisten angezeigt wird. Zunächst erfolgt die Registrierung jedoch über einen zufällig erstellten Registrierungscode (auch in Form eines QR-Codes).

Der Sepia Messenger Server-Dienst kann der nutzenden Institution (z. B. einer Schule) auf zwei Arten bereitgestellt werden:

- mit *Sepia Messenger SaaS* („Software-as-a-Service“) wird der Dienst auf einem Server in einem externen Rechenzentrum in Deutschland betrieben und zur Verfügung gestellt.
- mit *Sepia Messenger On-premises* erfolgt die Installation auf einem eigenen Server der Institution.

Perspektive der App-Entwicklung

An unserer Schule testen wir den Sepia Messenger seit dem Frühjahr 2016 in der gymnasialen Oberstufe. Eine erste Erprobung in der Mittelstufe steht in Kürze bevor. Die App ist kontinuierlich um weitere Funktionen ergänzt worden. Die Entwicklung ist noch nicht abgeschlossen.

Die bisherige Resonanz auf die App ist gut. Es ließen sich schnell Kolleginnen und Kollegen finden, die zum Testen bereit waren. Auch die teilnehmenden Schülerinnen und Schüler sind von den verfügbaren Funktionen der App durchaus überzeugt.

Wir werden weiterhin an der Entwicklung mitwirken und sehen nach wie vor Bedarf an einer eigenen Softwarelösung, da die asynchrone Kommunikation zwischen Schülerinnen und Schülern sowie Lehrkräften über einen Messenger in unserem Vorhaben inzwischen etabliert ist und wir vor dem Hintergrund unserer pädagogischen Anforderungen einen Einfluss auf die Entwicklung nehmen können. Der schulische Einsatz von Sepia Messenger ist nach Rückkopplung

Datenschutz mit dem für das FSG zuständigen Datenschutzbeauftragten auch unter rechtlichen Aspekten abgesichert. Das erforderliche Verfahrensverzeichnis wurde erstellt. Wir achten darauf, dass Schülerinnen und Schülern, die bzw. deren Erziehungsberechtigte einer Verwendung des Messengers nicht zugestimmt haben, dadurch keine Nachteile entstehen, etwa indem wir in diesem Fall ein Tandem in Form einer Patenschaft zwischen zwei Schülern etablieren, sodass der eine (Handynutzer) den anderen (ohne Handy) bei einem mediengestützten Material- oder Informationsaustausch mitversorgt.

These 2: Erweiterung der Kulturtechniken

Neue digitale Hilfsmittel wie z. B. Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, grafische Taschenrechner, Software zur Bild- oder Videobearbeitung oder zur Erstellung von Hypertexten (z. B. Webseiten), die Text-, Bild-, Ton- und Videoelemente in einem Dokument integrieren und nicht-lineare Strukturen ermöglichen, bieten neue weitreichende Möglichkeiten der Darstellung und Ausdrucksformen. Insofern erweitern sie die traditionellen Kulturtechniken Lesen, Schreiben und Rechnen. Daher sind wir der Meinung, dass sie wie die „traditionellen Drei“ im Unterricht gelernt werden müssen.

These 3: Digitale Medien und fachliches Lernen

Zur These „Digitale Medien können das fachliche Lernen bereichern“ findet man viele Hinweise und Beispiele in den einschlägigen Fachdidaktiken zur Mathematik. Wir fokussieren daher in diesem Beitrag auf Aspekte, die uns aufgefallen sind und in den Fachdidaktiken bisher keine große Beachtung finden. So fordern Lehrkräfte häufig mehr Sorgfalt von ihren Schülerinnen und Schülern, zum Beispiel beim Bearbeiten von Aufgaben im Fachunterricht. Wie kann man hier motivieren und unterstützen? Wir haben gute Erfahrungen damit gemacht, dass man Schülerprodukte in den Mittelpunkt des Unterrichts stellt. Das kann z. B. die Bearbeitung einer Aufgabe sein, die mit einer Kamera gesichert oder im Klassenraum projiziert wird. Das können aber auch Kurzvorträge sein, die in einem Video festgehalten und präsentiert werden. Dadurch werden fachbezogene Kompetenzen gefördert: So bekommt nach unseren Beobachtungen z. B. die Fachsprache ein deutlich größeres Gewicht, weil Schülerinnen und Schüler durch die Präsentation angehalten und motiviert sind, ihre Worte mit Bedacht zu wählen.

Der Aufwand für solche Präsentations- und Bearbeitungsformen muss nicht hoch sein. Wir nutzen das Smartphone, das heute die meisten Schülerinnen und Schüler in die Schule mitbringen.

Erklär- oder Lernvideos

Die beste Motivation zur Erstellung von guten Produkten erreicht man unseren Erfahrungen nach, wenn Schülerinnen und Schüler eigene Erklär- oder Lernvideos erstellen. Denn dazu ist es notwendig, sorgfältig und gründlich zu arbeiten, strukturiert zu notieren und zu erklären. Da die Mitschülerinnen und Mitschüler das Produkt anschauen und auch einmal kritische Rückmeldung dazu geben, weckt man den Ehrgeiz auch derjenigen, die ansonsten vielleicht nicht ganz so gewissenhaft und gründlich arbeiten.

Als Beispiel hierzu sei die Vorbereitung auf das Abitur in den diesjährigen Mathematik-Leistungskursen genannt. In der Vorbereitungsphase war das notwendige Zeitpolster vorhanden, um sich intensiv mit Qualitätsmerkmalen und der technischen Umsetzung von Erklärvideos zu beschäftigen: Zunächst wurden unterschiedliche Beispielvideos im Netz aus Bereichen des täglichen Lebens

analysiert. Schülerinnen und Schüler erarbeiteten auf dieser Grundlage (in einer Schulstunde) Qualitätskriterien für Erklär- oder Lernvideos. Anschließend ging es in Kleingruppen an die Produktion erster Videos zu den Mathematik-Beispielaufgaben auf den Seiten der QUA-LiS NRW und des IQB. Diese wurden nach einer Präsentation der Gruppen anhand der festgelegten Kriterien von den Schülerinnen und Schülern des Kurses bewertet und ggf. optimiert. Im weiteren Verlauf der Unterrichtsreihe bereiteten Schülerinnen und Schüler in Zweiergruppen Abituraufgaben aus den vorausgegangenen Jahrgängen so vor, dass sie eine Stunde mit folgender Ablaufstruktur halten konnten.

Zu Beginn wurde ein Impulsreferat zum Schwerpunktthema der Aufgabe gehalten, um das Vorwissen der Mitschülerinnen und Mitschüler zu aktivieren. Anschließend wurden die Aufgaben von den Mitschülerinnen und Mitschülern bearbeitet. Die verantwortlichen Schülerinnen und Schüler begleiteten die Bearbeitung auf der Grundlage ihrer in der Vorbereitung gewonnenen Expertise. Zur Vorbereitung der Unterrichtsstunde musste die Zweiergruppe Hilfekarten vorbereiten und geeignete Sozialformen für die Arbeitsphase festlegen.

Nach der Arbeitsphase wurde die Aufgabe im Plenum besprochen und es wurde auf kritische Stellen eingegangen. Mit diesen Informationen erstellte die Zweiergruppe dann das Erklärvideo zur Aufgabe, in dem die einzelnen Lösungsschritte aufgeführt und die kritischen Stellen detailliert erklärt wurden, und machte es den übrigen Schülerinnen und Schülern des Kurses via Cloud zugänglich. Diese Form der Nutzung eines Schülerproduktes kam bei den angehenden Abiturientinnen und Abiturienten sehr gut an und steigerte die Motivation für die Wiederholung der abiturrelevanten Inhalte. Die Methode empfiehlt sich daher vermutlich auch in anderen Schulstufen und Fächern.

These 4: Digitale Medien als Gegenstand des Lernens

Digitale Medien sind selbst Gegenstand des fachlichen Lernens, aber auch des überfachlichen Lernens mit dem Ziel, die Teilhabe und Mündigkeit in einer durch Digitalisierung geprägten Wirtschaft und Gesellschaft zu ermöglichen. Zu Letzterem gibt es zurzeit eine ganze Reihe von Initiativen von Kommunen, Ländern und Bund, auf die in diesem Beitrag nicht näher eingegangen wird. Wir beschränken uns hier auf ein Beispiel zum fachlichen Lernen.

In unserem Projekt in der Einführungsphase Mathematik wurde vor dem Hintergrund der Kompetenzerwartung „Schülerinnen und Schüler reflektieren und begründen die Möglichkeiten und Grenzen mathematischer Hilfsmittel und digitaler Werkzeuge“ des Kernlehrplans das *Newton-Verfahren* thematisiert.

Wurde der Newton-Algorithmus in den ausgehenden 1980er und 1990er Jahren auf den ersten in der Schule verfügbaren Rechnern noch von Schülerinnen und Schülern selbst programmiert, um dadurch das Verständnis der Methode zu fördern, „verbergen“ heute verfügbare Werkzeuge wie der GTR den Algorithmus in Funktionen, die sich den Schülerinnen und Schülern gegenüber als Blackbox darstellen. Anhand von mathematischen Funktionen, bei denen das Newton-Verfahren versagt, lassen sich solche Grenzen in digitalen Medien implementierter Algorithmen untersuchen. Dabei werden en passant auch informatische Kompetenzen gefördert.

Grenzen von Algorithmen

4. Gelingensbedingungen und mögliche Gefahren des Medieneinsatzes

Die Zielsetzung eines stärkeren Einsatzes digitaler Medien zur Unterrichtsentwicklung erfordert eine gründliche Planung und Reflexion, um über den Kreis der „Pioniere“ hinaus weitere Lehrkräfte sowie Schülerinnen und Schüler für den Entwicklungsprozess zu gewinnen und Frustrationen vorzubeugen.

Technische und organisatorische Voraussetzungen

Welche Lehrkraft kennt z. B. das nicht: Es ist geplant, in der kommenden Stunde die iPads einzusetzen, aber es fehlen Kabel, das WLAN fällt aus oder die Kollegin war schneller und setzt die Geräte zur selben Zeit in ihrem Unterricht ein etc. pp.

Die eingesetzte Technik muss also robust und möglichst omnipräsent verfügbar sein – in allen Räumen und zu jeder Zeit. Am Franz-Stock-Gymnasium wurde in der Vorlaufphase des Projektes die Entscheidung getroffen, alle Räume mit einer Projektionsmöglichkeit und einer Dokumentenkamera auszustatten. Zudem wurde die Möglichkeit geschaffen, mit verhältnismäßig geringem Aufwand in jedem Raum auf ein WLAN zugreifen zu können. Die intensiven Bemühungen, einen Internetanschluss mit der notwendigen Bandbreite zu erhalten, nahmen allerdings fast drei Jahre in Anspruch – ein „langer Atem“ war erforderlich. Weitere technische Systeme wie z. B. DVD-Player, Tablet-Koffer oder Mess-Sensorik können an unserer Schule durch Ausleihe flexibel und mit relativ geringem Aufwand in die Infrastruktur eines jeden Klassenraumes eingebunden werden.

Unterrichtsgestaltung als entscheidender Faktor

So wichtig eine Ausstattung mit technischen Geräten ist, entscheidend für den Entwicklungsprozess sind Fragen der Unterrichtsgestaltung. Natürlich beeindruckt in der Anfangsphase ein Raum mit einer neu beschafften interaktiven Tafel, in dem jede(r) Lernende über ein eigenes Endgerät verfügt, das vollständig in das Netzwerk der Schule eingebunden ist. Die interaktive Tafel wird ihr Potenzial für das Lernen jedoch nur entfalten können, wenn Lehrkräfte sie in geeigneter Weise im Unterricht einsetzen.

Wir haben die Erfahrung gemacht, dass die Frage nach einer geeigneten medialen Infrastruktur nur vor dem Hintergrund identifizierter Inhalte, Ziele und Methoden zur Vermittlung fachlicher Kompetenzen beantwortet werden kann.

Die mediale Infrastruktur in Verbindung mit der Art und Weise ihres Einsatzes im Unterricht muss eine kognitive Aktivierung der Schülerinnen und Schüler unterstützen. Wir haben uns diesbezüglich intensiver mit der Theorie der „instrumentalen Genese“, wie sie z. B. bei Drijvers & Trouche (2008) beschrieben wird (siehe dazu auch Guin & Trouche, 2002).

Diese Theorie steht im Einklang mit unserer Beobachtung, dass der Einsatz digitaler Medien eingebettet in geeignete Lernarrangements das Lernverhalten der Schülerinnen und Schüler positiv verändert. Dazu erforderlich sind u. a. veränderte Aufgabenstellungen, sodass Schülerinnen und Schüler das volle Potenzial digitaler Medien auch ausschöpfen können (vgl. Barzel & Greefrath, 2015).

Wir haben versucht, solche Aufgabenstellungen möglichst so zu gestalten, dass sie ohne Probleme und ohne großen Aufwand von jeder Lehrkraft im Fach Mathematik eingesetzt werden können.

kognitive
Aktivierung

Nach und nach konnten wir im Rahmen der Entwicklung und Erprobung von Aufgabenbeispielen und Lernarrangements „Domänen des Mathematiklernens mit neuen Medien“ identifizieren, die voraussichtlich auch mittel- und langfristig von Bedeutung sein werden, auch wenn die dann verfügbare Technik vermutlich ganz anders als heute aussehen wird (vgl. Abbildung 3).

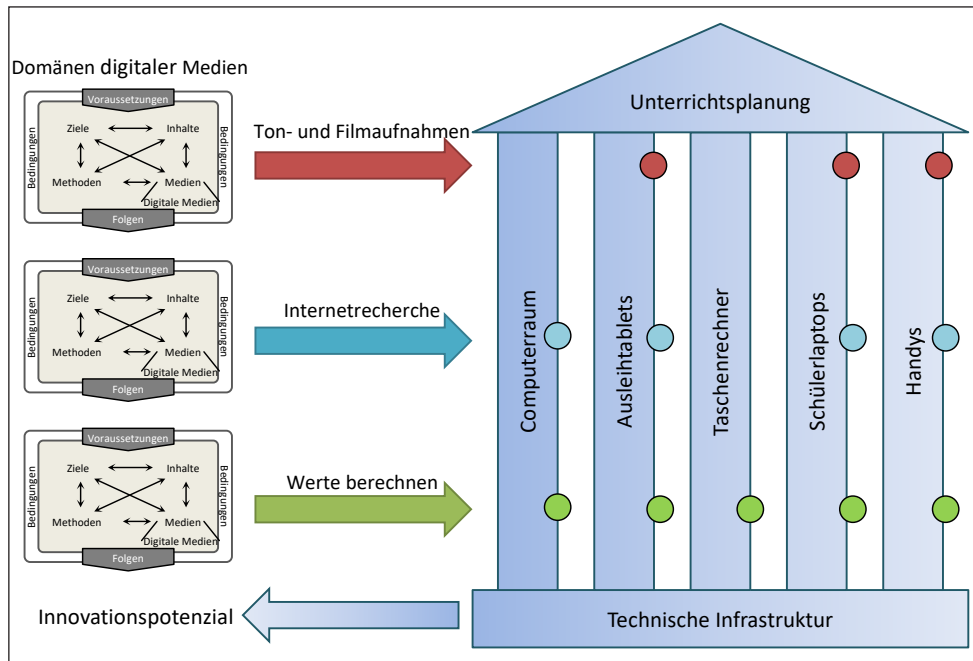


Abbildung 3: Domänen digitaler Medien und die derzeit am FSG verfügbaren technischen Geräte

Neben dem Einsatz der o.g. digitalen Systeme (Dokumentenkameras, Handys als Werkzeuge für die asynchrone Kommunikation sowie als Kamera etc.), mit denen wir in unserem Projekt erste Erfahrungen gesammelt haben, werden natürlich auch die bereits seit längerer Zeit verfügbaren digitalen Werkzeuge wie Funktionenplotter, Tabellenkalkulation, Geometriesoftware und Computer-Algebra-Systeme weiterhin eingesetzt. Zu deren Wirkungen, Chancen und Möglichkeiten liegen zahlreiche wissenschaftliche Studien vor. Wir weisen auf einige für unser Projekt wesentliche Aspekte hin, die insbesondere mit der Veränderung von Schüler- und Lehrerrolle infolge des Medieneinsatzes zu tun haben.

Der Einsatz eines Computer-Algebra-Systems (CAS) bietet nur dann einen Mehrwert, wenn die Lehrkraft im Lernprozess weniger als Lenker und Instrukteur sondern als Begleiter und Berater der Lernenden in deren selbstgesteuertem Lernprozess fungiert (Müller, 2014). Beim Einsatz von CAS steht der fachliche Diskurs der Schülerinnen und Schüler untereinander im Vordergrund (z.B. Barzel, 2006). Lehrmethoden wie ein überwiegend von der Lehrkraft zentral gesteuerter Unterricht mit hohen Redeanteilen der Lehrkraft werden in CAS-Klassen seltener als in herkömmlichen Klassen beobachtet (Barzel, 2012; Neill, 2009; Smith, 2006).

Wir selbst haben in den Oberstufenkursen die Erfahrung gemacht, dass die in den Studien genannten Effekte durch den Einsatz von mediengestützter asynchroner Kommunikation oder selbstständiger Dokumentation von Erarbeitungsprozessen mit Handy & Co. noch weiter verstärkt werden.

**selbstgesteuertes
Lernen**

Die Frage nach Ursache und Wirkung ist anhand der Daten der empirischen Studien nur schwer zu klären: Ob ein CAS im Unterricht eingesetzt wird, weil die Lehrkraft ihr Methodenspektrum über traditionelle Lehrmethoden hinaus erweitern möchte oder ob erst der Einsatz eines CAS die Rolle der Lehrkraft im Unterricht und dadurch ihre Haltung zum Medieneinsatz verändert, kann anhand der Daten nicht oder nur unzureichend geklärt werden. Im Endeffekt ist dies aber auch nicht entscheidend, sofern Medien überhaupt angemessen eingesetzt werden. Dies bringt uns zur Frage:

Wann setzen Lehrkräfte DM überhaupt ein? Wie kann man Lehrkräfte dazu bewegen, Medien einzusetzen?

Wir haben uns im Verlauf des Projektes Gedanken gemacht, welche grundlegenden Faktoren dafür überhaupt maßgeblich sind, dass Lehrkräfte digitale Medien in ihrem Unterricht einsetzen. Dazu liegen ebenfalls zahlreiche Befunde aus der Wissenschaft vor. Wir stützen uns insbesondere auf eine Untersuchung von Kreijns u. a. aus dem Jahr 2013, die hier: <https://www.fsg-arnsberg.de/wp-content/uploads/2015/05/Warum-setzen-Lehrkräfte-digitale-Medien-ein.pdf> näher vorgestellt wird.

Selbstwirksamkeitserwartung

Demnach hat die eigene Haltung gegenüber der Nutzung von digitalen Medien den stärksten Einfluss auf die Bereitschaft, digitale Medien für das Lernen zu nutzen. Dabei spielt die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkraft eine große Rolle, also die Überzeugung, mit dem von der Lehrkraft geplanten Medieneinsatz eine Verbesserung des unterrichtlichen Lernens bewirken zu können. Eigene Kenntnisse und Vertrautheit im Umgang mit digitalen Medien in Arbeitskontexten außerhalb des Unterrichts (z. B. Unterrichtsvor- und Nachbereitung) haben hier einen positiven Effekt.

Hat man den Schritt in den Unterricht erst einmal gewagt, verstärkt sich – auch nach unseren Erfahrungen – die Bereitschaft zum Medieneinsatz noch weiter, u. a. durch äußeren Druck von Seiten der Schülerinnen und Schüler, die in der Regel den Medieneinsatz in Verbindung mit adäquaten Unterrichtsmethoden als positiv erleben.

Kooperation der Lehrkräfte

Förderlich auf eine positive Haltung zum Medieneinsatz im Unterricht wirkt sich darüber hinaus eine gute Kooperation mit Kolleginnen und Kollegen aus, die dem Einsatz digitaler Medien gegenüber aufgeschlossen sind.

Normative Vorgaben z. B. durch Lehrpläne tragen nach der Untersuchung hingegen kaum dazu bei, dass digitale Medien im Unterricht eingesetzt werden. Die Studie bezieht sich allerdings nicht auf Deutschland, sodass sich die Frage stellt, inwieweit die Ergebnisse auf die hiesigen Verhältnisse übertragbar sind. Uns haben die Ergebnisse jedenfalls geholfen, unsere Eindrücke und Beobachtungen im Projektverlauf in einen Zusammenhang zu bringen und zu deuten.

Viele Kolleginnen und Kollegen an unserer Schule, die den Schritt zum mediengestützten unterrichtlichen Lernen bisher noch nicht gewagt haben, nutzen digitale Medien für ihre eigene Arbeit. Ein Blick ins Lehrerzimmer zeigt, dass Laptop, Tablet, Handy & Co. bei vielen Lehrkräften täglich eingesetzt werden, um zum Beispiel den Vertretungsplan vom Server abzurufen, Arbeitsblätter zu erstellen oder um miteinander zu kommunizieren. Im Großen und Ganzen ist eine positive Einstellung zu diesen Techniken vorhanden. Darauf kann man aufbauen und durch die Bereitstellung von Praxisbeispielen und mit Fortbildungsangeboten dafür sorgen, dass Kolleginnen und Kollegen ihre technischen und didak-

tisch-methodischen Kenntnisse zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht vertiefen können.

Mögliche Gefahren des Einsatzes digitaler Medien

Oben wurde bereits darauf hingewiesen, dass bei Nutzung von GTR oder CAS ein vertieftes Verständnis der „im Verborgenen“ ablaufenden Prozesse nicht erreicht wird oder verloren geht. Dem versuchen wir, wie oben bereits an einem Beispiel erläutert, dadurch entgegenzuwirken, dass das Medium selbst zum Gegenstand der Betrachtung gemacht wird. In Klassenarbeiten und im Abitur wurde ein hilfsmittelfreier Aufgabenteil eingeführt, sodass Schülerinnen und Schüler basale Fertigkeiten und ein vertieftes Verständnis nachweisen müssen. Aus dem Unterricht heraus muss sichergestellt werden, dass alle Schülerinnen und Schüler auch Grundfertigkeiten, wie z. B. das Umformen und Vereinfachen von Termen, ebenfalls sicher beherrschen.

Der Einsatz von schülereigenen Geräten wie Tablet-PC (auch das haben wir ausprobiert) oder Handy birgt ebenfalls spezifische Gefahren: Lernende benötigen ein hohes Maß an Disziplin, um den Ablenkungsversuchen, die mit ihren eigenen Geräten gegeben sind, zu widerstehen. Selbst auf schuleigenen Geräten ist das Web mit seinen Verlockungen nur einen Klick entfernt. Wir versuchen, durch verschiedene Maßnahmen aufklärend und präventiv zu agieren, z. B. durch die Ausbildung von Medienscout & Medien Counselors, durch pädagogische Tage mit dem Schwerpunktthema Medien und durch Einbeziehung von Eltern und Erziehungsberechtigten, u. a. mittels eines Erfassungsbogens, in dem Eltern und Schülerinnen und Schüler festlegen, welchen Bereichen der Mediennutzung sie zustimmen.

Bei der unterrichtlichen Kommunikation mit Schülerinnen und Schülern in gängigen sozialen Netzwerken ist die Beachtung rechtlicher Aspekte und Datenschutzbestimmungen nicht sicherzustellen. Vor diesem Hintergrund sind Systeme, die speziell für den unterrichtlichen Gebrauch entwickelt werden (z. B. LOGINEO NRW oder unsere Sepia Messenger App), vorzuziehen. In jedem Fall ist der/die für die Schule zuständige Datenschutzbeauftragte in den Planungsprozess einzubeziehen.

Eine weitere Herausforderung stellt das Urheber- und Nutzungsrecht dar. Mittels Kamera und Cloud-Dienst können urheberrechtlich geschützte Materialien schnell auf den Schulserver gelangen und von dort ohne vorherige Einholung von Nutzungsrechten verbreitet werden. Neben angemessener Sensibilität aller Beteiligten bedarf es hier auch vorbeugender organisatorischer Maßnahmen, um Urheberrechtsverletzungen auszuschließen.

5. Fazit

Das Lernen mit digitalen Medien verändert Schule als Ganzes. Bewusst haben wir deswegen den Begriff „digitale Medien“ im Mathematikunterricht deutlich umfassender verstanden, als es zum Beispiel die Bildungsstandards der KMK für die Allgemeine Hochschulreife oder auch die Kernlehrpläne vorsehen. Viele unserer Ansätze haben sich als sehr fruchtbar herausgestellt, sodass es lohnt, sie weiter zu verfolgen. Wir haben die Erfahrung gemacht, dass digitale Medien, in geeigneten Unterrichtsarrangements eingesetzt, ein Katalysator für die fachliche Unterrichtsentwicklung sein können.

Wir möchten mit unserem Beitrag und den Materialien aus unserem Vorhaben dazu ermutigen, sich auf einen verstärkten Medieneinsatz im Unterricht einzulassen und sich auf den Weg zu machen in Richtung *Mathematik 2028*. Für Hinweise und Rückmeldungen zu unseren Materialien sind wir dankbar.

Literatur

- Barzel, B. (2006). Mathematikunterricht zwischen Konstruktion und Instruktion: Evaluation einer Lernwerkstatt im 11. Jahrgang mit integriertem Rechnereinsatz. *Journal für Mathematik-Didaktik (JDM)*, 27 (3/4), 321–322.
- Barzel, B. (2012). *Computeralgebra im Mathematikunterricht. Ein Mehrwert – aber wann?* Münster: Waxmann.
- Barzel, B. & Greefrath, G. (2015). Digitale Mathewerkzeuge sinnvoll integrieren. In W. Blum, S. Vogel, Ch. Drüke-Noe & A. Roppelt (Hrsg.), *Bildungsstandards aktuell: Mathematik in der Sekundarstufe II* (S. 147–157). Braunschweig: Schroedel Verlag.
- Bigalke A. & Köhler N. (2015a). *Mathematik Einführungsphase NRW*. Berlin: Cornelsen.
- Bigalke A. & Köhler N. (2015b). *Mathematik Qualifikationsphase Leistungskurs NRW*. Berlin: Cornelsen.
- Drijvers, P. & Trouche, L. (2008). From artifacts to instruments: A theoretical framework behind the orchestra metaphor. In M. K. Heid & W. Blum (Hrsg.), *Research on Technology and the Teaching and Learning of Mathematics: Synthesis, Cases and Perspectives. Research Syntheses* (Band 1, S. 363–391). Charlotte, North Carolina: National Council of Teachers of Mathematics.
- Guin, D. & Trouche, L. (2002). Mastering by the teacher of the instrumental genesis in CAS environments: necessity of instrumental orchestrations, *ZDM – The International Journal on Mathematics Education*, 34 (5), 204–211. Verfügbar unter <http://subs.emis.de/journals/ZDM/zdm025a4.pdf> [23.05.2018].
- Kreijns, K. & Acker, F. V., Vermeulen, M., Buuren, H. van (2013). What stimulates teachers to integrate ITC in their pedagogical practices? The use of digital learning materials in education. *Computers in Human Behavior*, 29 (1), 217–225.
- Lambacher Schweizer Mathematik Einführungsphase NRW* (2015). Stuttgart: Klett.
- Lambacher Schweizer Mathematik Qualifikationsphase NRW* (2015). Stuttgart: Klett.
- MSW = Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2014). *Kernlernplan für die Sekundarstufe II Gymnasium / Gesamtschule in Nordrhein-Westfalen Mathematik*.
- Müller, M. (2014). *Zur Schülerorientierung im Mathematikunterricht mit Computeralgebra-Systemen*. Dissertation an der Universität Jena. Verfügbar unter https://www.db-thueringen.de/servlets/MCRFileNodeServlet/dbt_derivate_00030890/Diss/DIS_MM.pdf [04.03.2017].
- Neill, A. (2009). Key findings from the CAS pilot program. *The New Zealand Mathematics Magazine* 46 (1), 14–27.
- Pallack, A. (2016). Fit für die Zukunft? Mathematikunterricht 2024. In G. Heintz, G. Pinkernell & F. Schacht (Hrsg.), *Digitale Werkzeuge für den Mathematikunterricht – Festschrift für Hans-Jürgen Elschenbroich* (S. 112–126). Neuss: Verlag Klaus Seeberger.
- Radzinski-Coltzau, J. & Burghardt, S. (2017). Digitale Medien: Eine Chance für die Schulentwicklung. In C. Fischer (Hrsg.), *Pädagogischer Mehrwert? Digitale Medien in Schule und Unterricht* (S. 129–136). Münster: Waxmann.
- Simon, N. (2017). Atemlos. *CASIO-forum Schul- und Grafikrechner. Ausgabe 1/2017*, 10–11.
- Smith, D. (2006). CAS – a journey has begun in Aotearoa. *New Zealand Mathematics Magazine* 43 (2), 1–25.

Projektbeteiligte

Renate Tewes

Sandra Zeisig-Goldmann

Tim Gerwin

Hubert Simon

Stefan Burghardt

Nora Simon

Dr. Andreas Pallack