

Vergleich von Videoanalyse-Apps auf Tablets

Vinit Suri*, Thomas Wilhelm*

* Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Max-von-Laue-Str. 1,
60438 Frankfurt am Main
suri@physik.uni-frankfurt.de; wilhelm@physik.uni-frankfurt.de

Kurzfassung

Die Videoanalyse von Bewegungen ist im Physikunterricht bereits weit verbreitet. Für Schülerinnen und Schüler ist es selbstverständlich, Videoaufnahmen zu nutzen, und sie verfügen über die Möglichkeit, jederzeit und überall digitale Videoclips aufzuzeichnen. So bietet sich im Physikunterricht der Einsatz von Videoanalyse an, um die Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler mit dem Mechanikunterricht zu verbinden.

Besonders einfach ist die Videoanalyse auf mobilen Endgeräten. Für diese sogenannte mobile Videoanalyse gibt es bereits einige Videoanalyse-Apps für unterschiedliche Betriebssysteme, die sich in ihrer Bedienung und ihren Möglichkeiten zum Teil erheblich unterscheiden, für die es aber bisher keinen systematischen Vergleich gab. Fünf derzeit auf dem Markt verfügbare Videoanalyse-Apps für Tablets wurden systematisch getestet, kriteriengeleitet verglichen und hinsichtlich des Einsatzes im Physikunterricht bewertet, sodass den Lehrkräften die Entscheidungsfindung für eine geeignete App erleichtert wird. Fünf Apps und die Vergleichsergebnisse werden vorgestellt.

1. Motivation

Die aktuelle Generation von Videoanalyseprogrammen zielt auf die Benutzung von mobilen Endgeräten ab, wie zum Beispiel Tablets. Dass Tablets auch im privaten Gebrauch von Schülerinnen und Schülern weit verbreitet sind, zeigt die JIM-Studie 2021 (mpfs, 2021). Demnach haben bereits 74 % der Jugendlichen in ihren Haushalten Zugriff auf Tablet-PCs (mpfs, 2021, S. 5). Einen eigenen Tablet-PC besitzen 43 % aller Jugendlichen (mpfs, 2021, S. 7).

Doch nicht das Tablet an sich, sondern die Videoanalyse-Software ist entscheidend. Damit können Schülerinnen und Schüler selbstständig „einen selbst ausgewählten Bewegungsvorgang per Video aufnehmen“ (Kuhn, 2015, S. 4) und auswerten, wobei die speziell entwickelten Apps neben der Videoaufnahme auch die Analyse, Auswertung und Visualisierung der relevanten physikalischen Größen ermöglichen (Becker, Gößling, Thees, Klein, & Kuhn, 2020, S. 24). Obwohl sich derzeit einige Videoanalyse-Apps für unterschiedliche Betriebssysteme auf dem Markt befinden, offenbart ein Blick in die Fachliteratur, dass keine aktuelle Zusammen- und Gegenüberstellung der Apps vorliegt.

Um eine Grundlage für eine Entscheidungsfindung für eine dieser Apps zu schaffen, wurden fünf auf dem Markt verfügbare Videoanalyse-Apps für Tablets beschrieben, getestet, kriteriengeleitet verglichen und hinsichtlich ihres Einsatzes im Physikunterricht bewertet (Suri, 2021).

2. Videoanalyse

2.1. Vergleich der herkömmlichen und mobilen Videoanalyse

Laut Wilhelm und Gemici (2017, S. 158) werden im herkömmlichen Schulunterricht alltagsferne, eindimensionale Bewegungen betrachtet, die zu einem verminderten physikalischen Verständnis führen. Deshalb empfehlen Wilhelm und Diehl (2020, S. 7), dass eine qualitative Einführung kinematischer Größen an beliebigen zweidimensionalen Bewegungen mithilfe einer Videoanalyse erfolgen sollte, um den vektoriellen Charakter der Größen zu betonen.

Dabei unterscheidet man zwischen herkömmlicher und mobiler Videoanalyse, die sich im grundlegenden Ablauf, d. h. der Videoaufnahme und die anschließende Auswertung mithilfe von Software, nicht unterscheiden. Während bei der herkömmlichen Videoanalyse die Bewegung mithilfe einer Digitalkamera aufgenommen wird und an einem Computer analysiert und ausgewertet wird, ermöglicht die mobile Videoanalyse die Aufnahme, Analyse und Auswertung an einem einzigen Gerät.

Der Vorteil der mobilen Videoanalyse zeigt sich darin, dass es zu keiner zeitlichen und räumlichen Trennung zwischen Aufnahme und Analyse kommt und demnach der Lernprozess nicht unterbrochen wird (Suleder, 2010, S. 42). Die getrennte Aufnahme und anschließende Untersuchung können zu technischen Schwierigkeiten in der Übertragung oder bei der Konvertierung führen. Nicht zu unterschätzen sind außerdem die zeitlichen Einschränkungen im regulären Physikunterricht.

Aufgrund der Möglichkeit, Aufnahme und Auswertung an einem Gerät in einer App zu kombinieren, eignet sich die mobile Videoanalyse hervorragend, um die zeitlichen und technischen Einschränkungen zu überwinden, da kein aufwendiger Versuchsaufbau benötigt wird und aufgrund der „*Mobilität des Mediums*“ (Becker, Gößling, Thees, Klein, & Kuhn, 2020, S. 24) alltagsnahe Bewegungen in schülernahen Umgebungen aufgenommen werden können. Weiterhin sind Tablets und Smartphones inzwischen mit qualitativ hochwertigen Kameras ausgestattet, sodass Hochgeschwindigkeitsvideos mit bis zu 120 Bildern pro Sekunde erfasst und damit komplexe Bewegungen aufgenommen werden können (Becker, Klein, Kuhn, & Wilhelm, 2018, S. 46).

Damit kann sich der Einsatz der mobilen Videoanalyse bei Schülerinnen und Schülern motivationsfördernd auswirken und zum „*selbstständige[n] und entdeckende[n]*“ Lernen (Suleder, 2010, S. 29) anregen. Außerdem kann sich der Einsatz der mobilen Videoanalyse als lernförderlich erweisen, wenn die zu analysierende Bewegung mithilfe verschiedener Repräsentationsformen veranschaulicht und damit vereinfacht dargestellt wird (Suleder, 2010, S. 5).

2.2. Repräsentationsformen in Videoanalyseprogrammen

Videoanalyse-Apps haben Möglichkeiten zur „*Erfassung und Visualisierung der zeitabhängigen Positions- und Geschwindigkeitsdaten in unterschiedlichen Repräsentationsformen*“ (Becker, Gößling, Thees, Klein, & Kuhn, 2020, S. 24).

2.2.1. Diagramme

Diagramme sind eine wichtige Darstellungsform für Messdaten, deren Interpretation im Unterricht gelernt werden muss. Wenn das Diagramm in der mobilen Videoanalyse synchron zum Bewegungsablauf dargestellt wird, ist die Voraussetzung gegeben, dass die Bewegung mit der „*abstrakten grafischen Darstellung*“ des Diagramms (Wilhelm, 2009, S.1) verknüpft werden kann. So können insbesondere die Zusammenhänge kinematischer und dynamischer Größen erkannt und damit die zeitlichen Verläufe von Ort, Geschwindigkeit, Beschleunigung und dadurch Energie, Kraft und Impuls wiedergegeben werden (Suleder, 2010, S. 37). Daher unterstützen Diagramme, vor allem Graphen von (Fit-)Funktionen, den Aufbau des physikalischen Verständnisses.

2.2.2. Dynamisch ikonische Repräsentationen

Damit ein Unterrichtserfolg durch den Einsatz der mobilen Videoanalyse vorliegt, sollten Videoanalyse-Apps „*Einblendungen relevanter Größen in Form ikonischer Repräsentationen direkt im Videobild*“ (Suleder, 2020, S. 5) anzeigen können. Heuer (1996, S. 12) versteht unter dem Begriff „*dynamisch ikonische Repräsentationen*“ eine bildhafte Darstellung von physikalischen Größen, die sich im Verlauf des Experiments in ihrer Lage, Form oder Größe verändern. Diese Repräsentationen können in Form von Säulen, Flächen oder Pfeilen vorkommen und damit

funktionale Zusammenhänge und zeitliche Verläufe von Größen visualisieren. Insbesondere Pfeile stellen den vektoriellen Charakter von Bewegungsgrößen dar und sind erkenntnisfördernd, wenn sie sich entsprechend der Bewegung ändern. Folglich können diese Einblendungen als Hinführung zur Diagramminterpretation eingesetzt werden.

2.2.3. Streifenbilder und Streifenbilder

Ein Serienbild ist eine räumliche Anordnung von kompletten Einzelbildern einer Videoaufnahme. Der zeitliche Abstand zwischen den Einzelbildern ist konstant (Suleder, 2010, S. 36). Serienbilder erhalten sämtliche Informationen, die ein Video beinhaltet, beispielsweise können Ortsveränderungen bei bekannter Zeitdifferenz ermittelt werden. Serienbilder sind für den Unterrichtseinsatz geeignet, da sie für Arbeitsblätter bei entsprechender Auflösung geeignet sind und die Schülerinnen und Schüler eine Auswertung „per Hand“ durchführen können.

Besonders relevant ist der Spezialfall des Streifenbildes. Das ist ein einziges Bild, das aus vielen Einzelbildern des Videos zusammenmontiert wird, indem jeweils der horizontale oder vertikale Bildstreifen genommen wurde, in dem sich das betrachtete Objekt befindet. Damit ist ein solches Streifenbild eine Vorstufe eines t - x - bzw. t - y -Diagramms.

2.2.4. Stroboskopbilder

Einige Videoanalyse-Programme sind in der Lage, Stroboskopbilder zu erzeugen. Stroboskopbilder stellen den Verlauf der Bewegung in einem einzigen Bild dar und repräsentieren laut Suleder eine „*Vorstufe zur Diagramminterpretation der Bahnkurve[n]*“ (Suleder, 2010, S. 35), sodass qualitative und quantitative Untersuchungen durchgeführt werden können. Andere Videoanalyse-Programme können zumindest ein Zeit-Orts-Marken für das Objekt in ein Videobild einzeichnen. Ist das bewegte Objekt eine kleine Kugel, ergeben Stroboskopbilder und Bilder mit Zeit-Orts-Marken sehr ähnliche Ergebnisse, nicht aber bei ausgedehnten Objekten.

3. Kriteriengeleiteter Vergleich

Die hier vorgestellten Videoanalyse-Apps ermöglichen Nutzerinnen und Nutzern die Aufnahme sowie Auswertung von Bewegungen an einem Gerät. Weiterhin können Videos abgespeichert und aus der eigenen Fotogalerie importiert werden. Die Apps unterscheiden sich in ihren Auswertungstools sowie in den Möglichkeiten der Videoskalierung und der Darstellung der Messergebnisse. Daher wurde ein kriteriengeleiteter Vergleich zwischen den Apps durchgeführt, um die Apps zu bewerten. Zu insgesamt sieben Kategorien wurden jeweils etliche Kriterien erstellt und jede App bezüglich jeden Kriteriums bewertet.

3.1. Preis und Verfügbarkeit

Es werden die drei iOS-Apps Video Physics (zusammen mit Graphical Analysis), Viana und NewtonDV verglichen (siehe Tab. 1), die in Apples

App Store zum Download bereitstehen und auf dem iPad Pro 2020 (11 Zoll, 2. Generation) getestet wurden. Die Apps Video Physics und Graphical Analysis von Vernier werden gemeinsam betrachtet, da sie sich in ihren Funktionen ergänzen. Anschließend werden die Android-Apps eXperilyser und VidAnalysis vorgestellt, die im Google Playstore zum Download verfügbar sind und auf dem Samsung Galaxy Tab 3 (SM-T820, 2018) genutzt wurden.

Video Physics ist die Videoanalyse-App und Graphical Analysis ist eine App zur Auswertung der Messergebnisse, die mit der unternehmenseigenen App Video Physics kompatibel ist. Allerdings kann auch Graphical Analysis mit externen Messdaten genutzt werden.

Video Physics kostet 5,49 €, während Graphical Analysis kostenlos zum Download zur Verfügung steht (siehe Tab. 1). Auch die App NewtonDV ist kostenpflichtig zu einem Preis von 4,99 €. Die iOS-App Viana ist kostenlos und wurde von der Freien Universität Berlin entwickelt. eXperilyser kostet 7,99 € als Jahreslizenz. Für eine Dauerlizenz bezahlt man 19,90 €. VidAnalysis ist kostenlos im Android Playstore erhältlich.

	Video Physics und Graphical Analysis	Viana	Newton DV	eXperilyser	VidAnalysis
Verfügbarkeit (Geräte)	iOS (iPhone / iPad) Graphical Analysis auch für Android	iOS (iPad)	iOS (iPad)	Android und Windows	Android (Tablet)
	0,75	0,5	0,5	1	0,5
Preis	5,49 €	kostenlos	4,99 €	7,99 € (Jahr), 19,99 € (Dauer)	kostenlos; 1,19 €
	0,75	1	0,75	0,25	1

Tab. 1: Vergleich von Preis und Verfügbarkeit

3.2. Bedienung

Die Apps Viana und NewtonDV sind am übersichtlichsten, da alle Reiter gut erkennbar sind und die Reihenfolge sinnvoll gewählt ist, sodass man durch die Messwertaufnahme und -auswertung in der richtigen Reihenfolge geleitet wird (siehe Tab. 2). Dadurch sind diese Apps intuitiv in der Bedienung. Die App eXperilyser verfügt über viele Funktionen; die Benutzeroberfläche ist wie Video Physics unübersichtlich. VidAnalysis verfügt nicht über viele Funktionen und ist daher sehr einfach gehalten.

	Video Physics	Viana	Newton DV	eXperilyser	VidAnalysis
Übersichtliche und intuitive Benutzeroberfläche	etwas unübersichtlich, aber Graphical Analysis sehr übersichtlich	sehr gut, logischer Reihenfolge der Reiter	sehr gut, logischer Reihenfolge der Reiter	sehr viele Funktionen, unübersichtlich	durchgeleitet, einfach
	0,75	1	1	0,75	0,75
Tutorials, Hilfen	Online, englisch	in der App	nein	online und YouTube	unter Reiter Hilfe
	0,25	1	0	0,75	1

Tab. 2: Vergleich der Bedienung

3.3. Videoskalierung

Viana ermöglicht es, den Anfang und das Ende des Videoausschnitts, der analysiert werden soll, selbstständig festzulegen (siehe Tab. 3). In NewtonDV kann lediglich das Ende des Videos festgelegt werden. Alle anderen Videos ermöglichen dies nicht.

Bis auf eXperilyser kann in allen Apps der Koordinatenursprung frei gewählt werden. In den iOS-Apps können die Koordinatenachsen auch gedreht werden.

In Viana wird die Längenskalierung mit zwei Fadenkreuzen und einer Lupe am besten unterstützt. NewtonDV und eXperilyser besitzen je eine Lupe zur Festlegung einer bekannten Referenzlänge. In Video Physics gibt es hierfür eine weiße Linie mit anpassbaren Enden. Am schlechtesten wird die Längenskalierung in VidAnalysis unterstützt.

Viana bietet umfassende Möglichkeiten zur Skalierung der Videos. So ist es nur in Viana möglich, die Framerate und die Shutter-Zeit (Verschlusszeit) einzustellen. Dies bietet einen großen Vorteil gegenüber den anderen Videoanalyse-Apps. Eine längere Shutter-Zeit führt zwar zu einem höheren Lichteinfall, aber evtl. zu Bewegungsunschärfe. Kurze Shutter-Zeiten bei hohen Empfindlichkeiten führen auch bei schnellen Bewegungen zu scharfen Einzelbildern.

Für die anderen Apps, die diese Funktion nicht besitzen, kann ein durch die App Yamera aufgenommenes Video verwendet werden, sodass optimale Aufnahmen vorliegen (Hengel, Wilhelm & Kuhn, 2020, S. 252). Im folgenden Bildschirmfoto (siehe Abb. 1) sind die Benutzeroberflächen von Video Physics und Viana im Split Screen Modus mit der optimalen Aufnahme sichtbar, so dass die Kugel immer scharf ist.

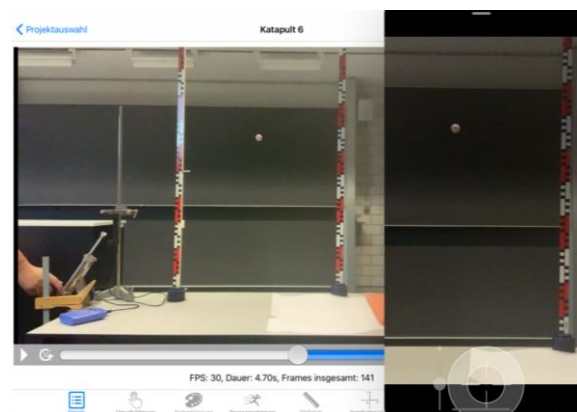


Abb. 1: Bildschirmfoto von Viana (links) und Video Physics (rechts) mit einer Videoaufnahme mit kurzer Shutter-Zeit

	Video Physics	Viana	Newton DV	eXperilyser	VidAnalysis
Framerate einstellbar (bei Videoaufnahme)	nein	ja (30 fps, 60 fps, 120 fps)	nein	nein	nein
	0	1	0	0	0
Shutter-Zeit einstellbar	nein	ja	nein	nein	nein
	0	1	0	0	0
Helligkeit einstellbar (bei Videoaufnahme)	nur Geräte-Taschenlampe	ja	nur Geräte-Taschenlampe	nein	nur Geräte-Taschenlampe
	0,25	1	0,25	0	0,25
Zeitnullpunkt und Zeitendpunkt wählbar	nein	ja	nur Zeitnullpunkt	nein	nein
	0	1	0,5	0	0
Koordinatensprung frei wählbar	ja	ja	ja	nein	ja
	1	1	1	0	1
Koordinatenachsen frei positionierbar	ja	ja	nein	nein	nein
	0,75	1	1	0	0
unterstützte Längenskalierung	ja (Linie mit anpassbaren Enden)	ja (zwei Fadenkreuze und Lupen)	ja (Lupe)	ja (Lupe)	ja (nur Kreuze)
	0,75	1	0,75	0,75	0,5

Tab. 3: Vergleich der Videoskalierung

3.4. Datenerfassung

Die Apps NewtonDV und VidAnalysis unterstützen nur die manuelle Objektverfolgung (siehe Tab. 4). Die anderen Apps unterstützen dagegen die automatische Objektverfolgung. Bis auf eXperilyser besitzen Viana und Video Physics zusätzlich die Möglichkeit der manuellen Objektverfolgung. Daher können in diesen beiden Apps automatisch markierte Punkte nachträglich korrigiert werden.

	Video Physics	Viana	Newton DV	eXperilyser	VidAnalysis
manuelle Objekterfassung	ja	ja	ja	nein	ja
	1	1	1	0	0,5
automatische Objekterfassung	ja	ja	nein	ja	nein
	1	1	0	0,5	1
Korrektur markierter Punkte	ja	ja	nein	nein	-
	1	1	0	0	0
mehrere Objekte gleichzeitig erfassbar	nein	ja	nein	nein	nein
	0	1	0	0	0
Objektspur anzeigen	ja	ja	nein	ja	nein
	1	1	0	0,5	0
Videoframes auslassen	ja	nein	ja	nein	nein
	1	0	1	0	0
Markierungshilfen	ja	ja	ja	nein	nein
	0,75	1	0,5	0	0

Tab. 4: Vergleich der Datenerfassung

Viana ist derzeit die einzige App, die zwei Objekte gleichzeitig tracken kann. Dabei besitzt Viana die besten Markierungshilfen für die manuelle Objektverfolgung (Fadenkreuz und Lupe). Video Physics besitzt eine kreisförmige Markierungshilfe, wobei der Durchmesser an die Größe des Objekts ange-

passt werden kann. In NewtonDV gibt es eine Lupe. VidAnalysis und eXperilyser besitzen keine derartigen Markierungshilfen.

Weiterhin können in NewtonDV und Video Physics einzelne Videoframes übersprungen werden, die in der anschließenden Auswertung ausgelassen werden.

3.5. Datendarstellung

Alle Apps können die aufgenommenen Messwerte in beschrifteten Graphen darstellen (siehe Tab. 5). Eine Legende wird ebenfalls gestellt. Die besten Graphen bietet Graphical Analysis. Diese App hat neben NewtonDV die Möglichkeit, frei zu entscheiden, welche Größe auf welcher Achse aufgetragen wird. Somit können unterschiedliche Zusammenhänge betrachtet werden, z. B. auch ein v-a-Diagramm und nicht nur Zeitdiagramme.

NewtonDV ist die einzige App, die Streifenbilder (siehe Abb. 2) und echte Stroboskopbilder (siehe Abb. 3) erzeugen kann. Gleichzeitig bietet auch nur NewtonDV die Möglichkeit, Geschwindigkeits- und Beschleunigungspfeile einzublenden, die ebenfalls in den Streifenbildern und Stroboskopbildern zu sehen sind (siehe Abb. 3). Video Physics und Viana können zumindest Zeit-Orts-Marken für das Objekt in ein Videobild einzeichnen, was einem Stroboskopbild ähnelt (siehe Abb. 4).

Bis auf eXperilyser bieten die restlichen Apps eine tabellarische Darstellung der Messwerte an. In Viana funktioniert dies nur in Form eines CSV-Exports in Excel.

	Video Physics und Graphical Analysis	Viana	Newton DV	eXperilyser	VidAnalysis
Diagramme (Graph)	ja (mit Graphical Analysis sehr gut)	ja	ja	ja	ja
	1+1	1	1	0,5	1
Beschriftung/Legende	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden
	1	1	1	1	1
Zuordnung von Größen	nur mit Graphical Analysis	nein	ja	nein	nein
	1	0	1	0	0
Achsenkalierung möglich	nur mit Graphical Analysis	nein	nein	nein	nein
	1	0	0	0	0
Streifenbilder	nein	nein	ja	nein	nein
	0	0	1	0	0
Stroboskopbilder oder Zeit-Ort-Marken	Marken	Marken	Stroboskopbild	nein	nein
	1	1	1	0	0
Pfeile	nein	nein	ja	nein	nein
	0	0	1	0	0
Tabelle	nur in Graphical Analysis	nein (nur in Excel)	ja (übersichtlich)	nein	ja (unübersichtlich)
	1	0,75	1	0	0,75

Tab. 5: Vergleich der Datendarstellung

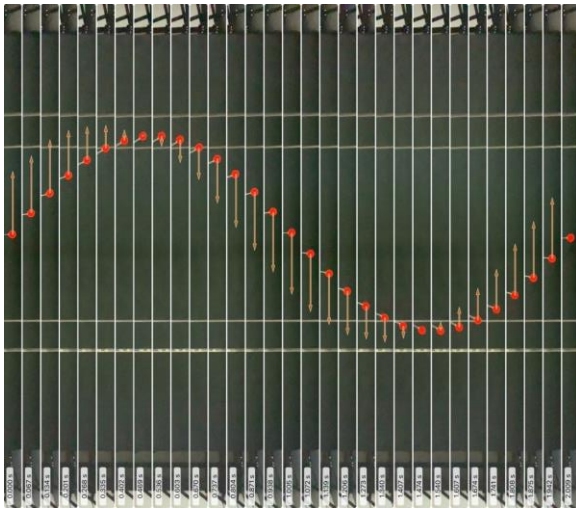


Abb. 2: Streifenbild mit eingebledeten Geschwindigkeitspfeilen in NewtonDV bei einem Fadenpendel zur Untersuchung harmonischer Schwingungen

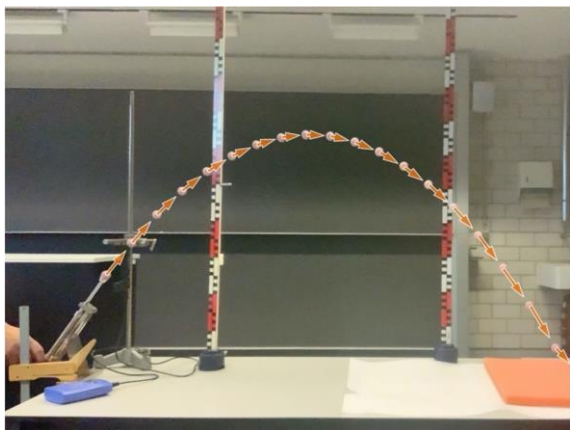


Abb. 3: Schiefer Wurf im Labor: Stroboskopbild mit eingebledeten Geschwindigkeitspfeilen in NewtonDV



Abb. 4: Schiefer Wurf im Alltag: Ortsmarken in Video Physics

3.6. Datenauswertung

Zur Datenauswertung (siehe Tab. 6) können nur in eXperilyser Längen und Winkel aus dem Videomaterial bestimmt werden.

NewtonDV ist die einzige App, in der Graphen von linearen, quadratischen, und (gedämpften) trigonometrischen Funktionen zum Vergleich eingebledet werden können. Durch Anpassen der Parameter

kann so selbst eine passende Fitfunktion an die Messwerte gefunden werden kann.

Graphical Analysis bietet die umfassendsten mathematischen Hilfsmittel und Darstellungsmöglichkeiten. So kann diese App eine sehr gut angenäherte Fitfunktion selbst errechnen. Ebenfalls können Integrale bestimmt (siehe Abb. 5) und die Graphen farblich dargestellt werden.

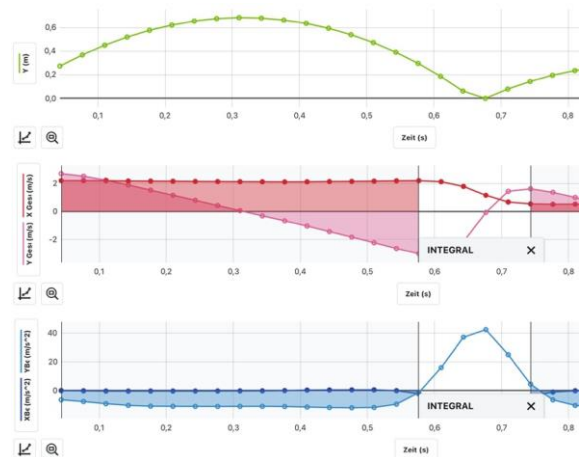


Abb. 5: Zum schiefen Wurf aus Abb. 3 werden in Graphical Analysis dargestellt: Ort-Zeit-Diagramm in x-Richtung, Geschwindigkeit-Zeit- und Beschleunigung-Zeit-Diagramm in x- und y-Richtung und farblich markierte Intervalle über die Funktion „Integral darstellen“

	Video Physics und Graphical Analysis	Viana	Newton DV	eXperilyser	VidAnalysis
Längen und Winkel messbar	nein 0	nein 0	nein 0	ja 1	nein 0
Funktionsgleichung darstellbar	nein 0	nein 0	Ja, bestimmte Arten 1	nein 0	nein 0
berechnete Fitlinie im Diagramm	nur in Graphical Analysis 1	nein 0	nein 0	nein 0	nein 0

Tab. 6: Vergleich der Datenauswertung

3.7. Datensicherung und Import/Export

Alle Apps verfügen über eine automatische Datensicherung. Ebenfalls können in allen Apps Videos aus der geräteeigenen Galerie importiert werden. Der Export als CSV-Datei wird bis auf eXperilyser von allen Apps unterstützt. Weitere Infos finden sich in Tab. 7.

	Video Physics und Graphical Analysis	Viana	Newton DV	eXperilyser	VidAnalysis
Datensicherung	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch	automatisch
	1	1	1	1	1
Beispielvideos vorhanden	ja	ja	ja	ja	ja (Homepage)
	1	0,75	0,75	0,25	0,25
Qualität und Quantität der Beispielvideos	4 hervorragende Aufnahmen, davon 3 Alltagsbewegungen	2 hochwertige Aufnahmen von Schwingungen	5 Aufnahmen mit mäßiger Qualität	nur Aufnahme der Kreisbewegung nutzbar	2 Aufnahmen mit schlechter Qualität
	1	0,75	0,5	0,25	0
Datenimport möglich	ja	ja	ja	ja (eingeschränkt)	ja
	1	1	1	0,5	1
Kompatibel externe Videos	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut	sehr gut
	1	1	1	1	1
Export als CSV-Datei	nur in Graphical Analysis möglich	ja	ja	nein	ja (eingeschränkt)
	1	1	1	0	0,5
Export der Daten in andere Apps	ja (Graphical Analysis, Excel)	ja (Excel, GeoGebra)	ja (Excel)	nein	ja (gnuplot-Datei)
	0,75	1	0,75	0	0,25
interne Speicher-möglichkeiten	ja (Video), Diagramme, Tabelle mittels Graphical Analysis	ja (Video)	ja (Video, Tabellen, Graphen, Stroboskop-, Serienbilder)	ja (Diagramm)	nein
	1	0,75	1	0,25	0

Tab. 7: Vergleich der Datensicherung und Import/Export

4. Tabellarische Übersicht der subjektiven Bewertung der Videoanalyse-Apps

Jede App wurde bezüglich jeden Kriteriums bewertet und für jedes Kriterium wurden Punkte vergeben. So ergibt sich für jede der sieben Kategorien als Summe ein Punktwert (siehe Tab. 81). Erreichbar sind 2 Punkte für Preis und Verfügbarkeit, 2 Punkte für die Bedienung, 7 Punkte für die Videoskalierung, 7 Punkte für die Datenerfassung, 8 Punkte für die Datendarstellung, 3 Punkte für die Datenauswertung, und 8 Punkte für die Datensicherung und Export/Import. So sind insgesamt 48,5 Punkte erreichbar.

Außerdem wird eine Gewichtung der Kategorien angegeben, die sich nach der Relevanz für den Einsatz im Physikunterricht richtet. Gemäß dieser Gewichtung wird eine Gesamtpunktzahl berechnet (und aufgerundet). Die Kategorie Bedienung ist zweifach gewichtet, da eine intuitive und einfach zu bedienende App für den Unterrichtseinsatz unerlässlich ist. Mit einer derartigen App können Schülerinnen und Schüler einfacher selbstständig arbeiten und die Einarbeitungszeit fällt kürzer aus. Die Kategorien

Datendarstellung und Datenauswertung sind ebenfalls zweifach gewichtet, weil sie den Wissenserwerb der Schülerinnen und Schüler aufgrund der didaktischen Vorteile wesentlich prägen. Die Datenerfassung ist 1,5-fach gewertet, da die Apps mindestens eine Art der Objektverfolgung besitzen und diese durch weitere Optionen verbessert werden kann. Die Videoskalierung ist nur einfach gewertet, da die Videoaufnahme im besten Fall in der App möglich sein sollte, aber eine externe Aufnahme oft vorteilhafter ist, da nicht alle Apps Einstellungsmöglichkeiten besitzen. Genauso ist die Kategorie Preis und Verfügbarkeit einfach gewertet, da alle Videoanalyse-Apps relativ günstig oder kostenlos sind. Die Kategorie Datensicherung und Export/Import ist am geringsten gewichtet, da die Daten auf unterschiedlichen Wegen gesichert werden können.

App	Video Physics und Graphical Analysis	Viana	NewtonDV	eXperilyser	VidAnalysis
Kategorie (Gewichtung)					
Preis & Verfügbarkeit (0,5-fach)	1,5	1,5	1,25	1,25	1,5
Bedienung (2-fach)	1	2	1	1,5	1,75
Videoskalierung (1-fach)	2,75	7	3,5	0,75	1,75
Datenerfassung (1,5-fach)	5,75	6	2,5	1	1,5
Datendarstellung (2-fach)	7	3,75	7	1,5	2,75
Datenauswertung (2-fach)	1	0	1	1	0
Datensicherung & Export/Import (0,5-fach)	7,75	7,25	7	3,25	4
erreichte Punktzahl	34	31,9	29,4	12,5	15,8

Tab. 8: Übersicht zur erreichten Punktzahl der Videoanalyse-Apps in jeder Kategorie nach dem kriteriengeleiteten Vergleich

5. Diskussion und Handlungsempfehlungen

Abschließend werden die Ergebnisse des Vergleichs der Videoanalyse-Apps auf Tablets für den Physikunterricht betrachtet und ihnen Anwendungssituationen im Physikunterricht zugeordnet. Obwohl man mithilfe von Tabelle 1 zu einem schnellen Urteil kommen kann, muss beachtet werden, dass es sich hierbei um einen subjektiven Gesamtwert handelt. Daher sollte berücksichtigt werden, dass sich die Ergebnisse an der selbst bestimmten Gewichtung richten, weshalb ein anderer Endstand bei anderer Gewichtung resultieren kann.

Die Videoanalyse-App VidAnalysis ist für den Unterrichtseinsatz nicht zu empfehlen, da sie vor allem Schwächen bezüglich der Genauigkeit der Skalierung und der Objektmarkierung offenbart, die die Datenauswertung ebenfalls negativ beeinflussen. Obwohl eXperilyser eine geringere Punktzahl im Vergleich zu VidAnalysis erhält, zeigt sie im An-

wendungsbereich „Live-Analyse“ ihre Stärke und damit ihr Potenzial.

In Bezug auf den Preis ist Viana als kostenlose Videoanalyse-App sehr gut für den unterrichtlichen Einsatz geeignet. So kann sie problemlos auf alle Geräte installiert werden und besticht vor allem durch die Möglichkeiten der Objektverfolgung und Videoskalierung. Wünschenswert wäre eine Funktion zur graphischen Auswertung, wie zum Beispiel die Einblendung berechneter Fitfunktionen, sodass eine optimale Objektverfolgung, Datendarstellung und -auswertung durchgeführt werden kann.

NewtonDV und Video Physics besitzen keine Funktion bezüglich der Einstellungen der Videoaufnahme. Daher wird als Alternative auf die kostenlose Kamera-App Yamera verwiesen und ihr Einsatz empfohlen.

Vor allem für die Betrachtung zweidimensionaler Bewegung ist NewtonDV ein ausgezeichnetes Tool. So kann der Bewegungsverlauf mithilfe der Stroboskopbilder, Streifenbilder und Geschwindigkeits- und Beschleunigungspfeile qualitativ gut beschrieben werden. Es ist mittels NewtonDV möglich, Bewegungen zu charakterisieren und Arbeitsblätter für Schulklassen vorzubereiten, da die Bilder als Grafik in die Fotogalerie exportiert werden können. Obwohl NewtonDV keine automatische Objektverfolgung anbietet und eine genaue graphische Auswertung nicht möglich ist, kann an dieser Stelle eine klare Handlungsempfehlung ausgesprochen werden, da diese Einblendungsmöglichkeiten aufgrund ihres didaktischen Gehaltes den Wert von NewtonDV betonen.

Wenn die qualitative Beschreibung von Bewegungen nicht ausreichend ist und eine mathematische Auswertung gewünscht ist, ist Video Physics in Kombination mit Graphical Analysis unverzichtbar. Die Kombination mit Graphical Analysis ermöglicht eine übersichtliche Darstellung der Daten in Form von Graphen, mit denen noch weitergearbeitet werden kann. Insbesondere können weitere Größen, beispielsweise Ableitungen aus erfassten Größen, berechnet und graphisch dargestellt werden. Dabei sollte beachtet werden, dass man die Schrittweite nicht einstellen kann und die erfassten Messwerte Fehler beinhalten, die von den Nutzenden nicht beeinflusst werden können. Verniers Apps können in der Oberstufenmechanik besonders gewinnbringend eingesetzt werden, wenn bereits Ableitungen im Mathematik-Unterricht behandelt wurden und somit direkte Anwendungen gezeigt werden können.

6. Fazit

Es zeigt sich, dass sich durch den Einsatz der mobilen Videoanalyse mittels Videoanalyse-Apps auf Tablets viele neue Möglichkeiten im Physikunterricht ergeben. Es kann angenommen werden, dass der Einsatz von Videoanalyse-Apps gewinnbringende Elemente beinhaltet, durch die physikalische

Lernprozesse unterstützt sowie Interesse und Motivation gesteigert werden können.

Allerdings muss bedacht werden, dass ein Einsatz der mobilen Videoanalyse von der Verfügbarkeit der dafür erforderlichen Geräte abhängt. Außerdem sollte auf die Verwendung eines Stativs, eine angemessene Beleuchtung, ein ausreichender Kontrast sowie das Mitfilmen einer Referenzlänge und damit auf die Abhängigkeit des Endresultats von der Aufnahmequalität hingewiesen werden.

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Vor- und Nachteile verschiedener Videoanalyse-Apps auf Tablets für den Physikunterricht zu bestimmen. Aus dem kriteriengeleiteten Vergleich und der anschließenden Bewertung stellte sich heraus, dass die iOS-Apps hervorragende Ergebnisse lieferten.

Es muss jedoch angemerkt werden, dass die vorliegende Gegenüberstellung der momentan auf dem Markt verfügbaren Videoanalyse-Apps nur zeitlich begrenzt relevant ist. In Anbetracht der fortschreitenden Digitalisierung und der Vorteile der mobilen Videoanalyse werden in Zukunft weitere und vermutlich bessere Videoanalyse-Apps veröffentlicht werden. Diesbezüglich kann der im Zuge dieser Arbeit aufgestellte Kriterienkatalog genutzt werden, um neue Videoanalyse-Apps zu bewerten und zu vergleichen. Der ausführliche Kriterienkatalog findet sich bei Suri (2021).

Jede Videoanalyse-App hat Schwächen und kann noch verbessert werden. Eine optimale App gibt es derzeit nicht. Was jedoch einer App fehlt, wird von einer anderen angeboten, weshalb eine Kombination von Videoanalyse-Apps, insbesondere die Kombination von NewtonDV und Video Physics sowie Graphical Analysis, als vorteilhaft und gewinnbringend eingeschätzt werden kann.

7. Literatur

- Becker, S.; Klein, P.; Kuhn, J.; Wilhelm, T. (2018): Smarte Physik – Viana analysiert Bewegungen – In: Physik in unserer Zeit 49, Nr. 1, S. 46 – 47.
- Becker, S.; Gößling, A.; Thees, M.; Klein, P.; Kuhn, J. (2020): Mobile Videoanalyse im Mechanikunterricht – In: Plus Lucis, Nr. 1, S. 24 – 31, https://www.pluslucis.org/ZeitschriftenArchiv/2020-1_PL.pdf (Stand 6/2022)
- Kuhn, J. (2015): Experimentieren mit Smartphones und Tablets – In: Naturwissenschaften im Unterricht Physik 145, S. 4 – 8
- Medienpädagogischer Forschungsverband Südwest (mpfs). (2021): JIM 2021 – Jugend, Information, (Multi-) Media Basisstudie zum Medienumgang 12- bis 19-Jähriger in Deutschland, https://www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/JIM/2017/JIM_2017.pdf (Stand 6/2022)
- Suleder, M. (2010): Videoanalyse und Physikunterricht. Aulis Verlag, Hallbergmoos.

- Suri, V. (2021): Vergleich von VideoanalyseApps auf Tablets für den Physikunterricht, Staats-examensarbeit Universität Frankfurt, <http://www.thomas-wilhelm.net/arbeiten/Videoanalyseapps.pdf>
- Wilhelm, T. (2009): Videoanalyse mit unterschiedlichen Darstellungsformen – In: Höttecke, D. (Hrsg.): Chemie- und Physikdidaktik für die Lehramtsausbildung, Jahrestag der GDCP in Schwäbisch Gmünd, Reihe: Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Band 29, Lit-Verlag, Münster.
- Wilhelm, T.; Gemici, B. (2017): Beschleunigungsverständnis in der Oberstufe – In: PhyDid-Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung, Dresden, S. 153 – 166, <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/751/903> (Stand 6/2022).
- Wilhelm, T.; Diehl, S. (2020): Oberstufenmechanik konsequent mit Videoanalyse – In: Plus Lucis, Nr. 1, S. 7 – 11, https://www.pluslucis.org/ZeitschriftenArchiv/2020-1_PL.pdf (Stand 6/2022).