



# Wie unterstützen Khan-Videos das Verstehen von Mathematik – Oder: Hat Bill Gates Recht ?

Alexander Caspar

# Neue Digitale Lern-Lehrformen

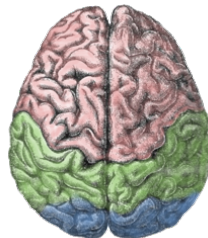
Helfen, wichtige Faktoren für erfolgreiches Lernen umzusetzen:

Nachhaltige Vermittlung relevanter Inhalte

Konstruktives Vorgehen, Schritt für Schritt

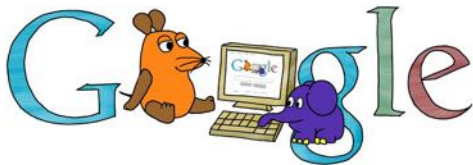
Enthusiasmus / Motivation / Aktivierung

Repetition / Üben / Selbsteinschätzung



## Videobasierte Angebote

- + Informationsdichte
- + Anschaulichkeit durch Realitätsnähe
- + Aktivierung: Aufmerksamkeit steuern, Reflektion anregen
- + Zeit & Raum manipulieren
- + (Eigen-)Kontrolle & Wiederholung
- Gefahr kognitiver Überforderung
- Hohe Eigenverantwortlichkeit
- Aufwand & Nachhaltigkeit
- Relevanz-/Verbindlichkeitsminderung
- Lernkontrolle



# Khan-Academy



- 2004 ● S. Khan gibt familiäre Mathe-Nachhilfe mit YouTube-Video-Tutorien
- 2006 ● Gründung Khan Academy (Non-Profit)
- 2009 ● Khan kündigt beim Hedgefonds
- 2010 ● Finanzierung durch B. Gates, Google, ...
- 2015 ● 5'000 Kurse mit 9'000 Videos, personalisierten Spuren, Aufgaben mit individuellem Feedback

Für weitere Gebiete der Geistes-/Naturwissenschaften in mehr als 20 Sprachen

Reduktion auf Instruktion



Bedenken: Fehlende

- i. Diversität
- ii. Interaktivität
- iii. Interaktion
- iv. Spontaneität

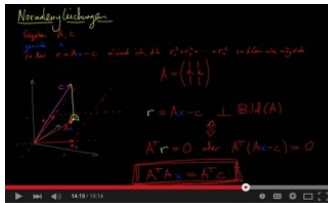


# ETHZ-Experiment

Grundlagenvorlesung Mathematik für Ingenieur/innen

Idee<sup>1</sup> für 1 Lektion:

Eine Hälfte schaut **Video**, andere geht in die **Vorlesung**



Lineare Algebra Vorlesung für Maschinenbauern.

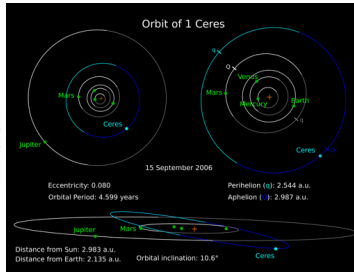
Testfragen für allfälligen Unterschied bei Lernwirksamkeit

Evaluation zu Qualitativen Aspekten der **Videos**

<sup>1</sup>BSc-Projekt S. Baumann (Management & Ökonomie)

# Methode der kleinsten Quadrate: Historisch (I)

In Neujahrnacht 1801 entdeckte **G. Piazzi** Zwergplaneten **Ceres** in der Lücke zwischen Mars und Jupiter.

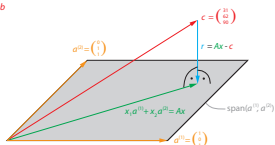
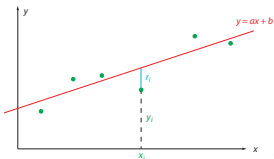
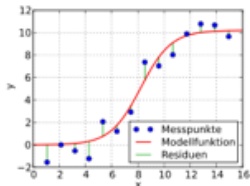


Ceres ging dann verloren.



# Methode der kleinsten Quadrate

## Eine Methode zur Ausgleichsrechnung



mit analytischen oder **geometrisch-algebraischen** Mitteln  
ETHZ-Experiment:

Aneignung durch **Videos** oder **Vorlesung** (1 Doppelstunde)

Dann Lernwirksamkeit mit 5 MC-Fragen überprüfen:

MC 1,2,3 testen eher **Verständnis**

MC 4,5 testen eher **Rechnen**

MC-Aufgaben jede Woche Teil der Übungsserie



# ETHZ-Experiment Videos vs. Vorlesung

Vorlesung ist Jahreskurs Lineare Algebra I/II

Seit 2010 derselbe Professor  
mit sehr guten Beurteilungen

Seit 2014 neuer Rahmen für Übungen  
durch Schulleitung

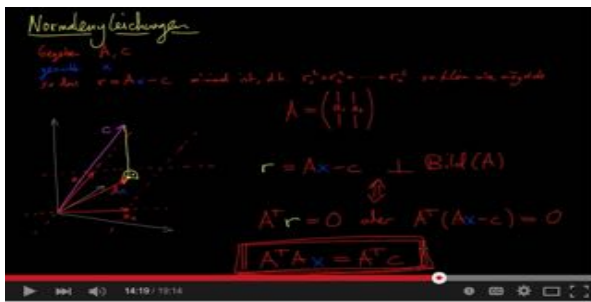


4 Jahrgänge	2011	2012	2013	2014
Studierende	525	546	532	588

Halbierung nach Nachnamen  $\rightsquigarrow$  **zufällige Gruppeneinteilung**

Teilnahme am Experiment **freiwillig**

Zeitpunkt: I.d.R in 8. Woche im 2. Semester

ETHZ-Experiment **Videos** vs. Vorlesung

**Videos:** à la Khan

Folge von 5 Teilen à  $\approx$  12 Minuten

Abgestimmt mit [Lektion nach Vorgaben/Skript des Dozierenden](#)

Standardproduktion und Veröffentlichung

Im Lernmaterial niederschwellig integriert

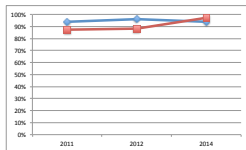
Auch in weiteren Szenarien: **Musterlösung, Ergänzung**



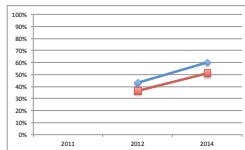
# Quantitative Auswertung der Testfragen (I)

Teilnahme	2011	2012	2013	2014
Video	126 (24%)	129 (24%)	Da-	65 (11%)
Vorlesung	135 (26%)	95 (17%)	ten-	65 (11%)
Weder noch	67	45	ver-	19
Beides	5	51	lust	27
Gender	nicht aufgeschlüsselt bei > 90% männlich			

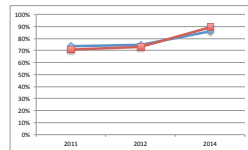
MC1



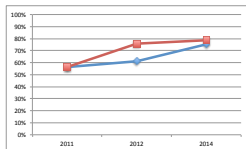
MC2\*



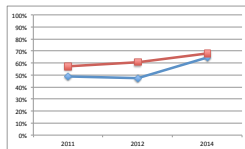
MC3



MC4



MC5

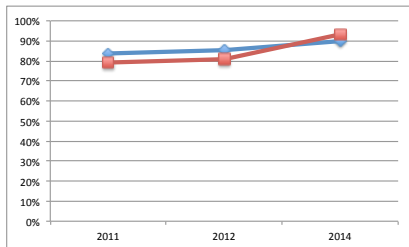


\*in 2011 inkohärent

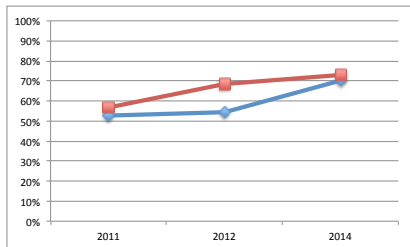
## Quantitative Auswertung der Testfragen (II)

Erfolgsquoten in % für Video und Vorlesung

Verständnis: MC1 und MC3



Rechnen: MC4 und MC5



In 2014 neu die Option "Weiss ich nicht" in %:

	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5
Video	0	0	2	3	15
Vorlesung	0	0	2	12	20

# Weitere Statistische Analyse Video vs. Vorlesung

$H_0$  = Die Richtigbeantwortung ist unabhängig von Lernmethode

Verworfen allein in 2012 bei 2 MCs

## Video vs. Vorlesung

	MC1	MC2	MC3	MC4	MC5
$\chi^2$	3.88	1.04	0.098	5.76	3.79
$p$	0.049	0.31	0.75	0.016	0.052

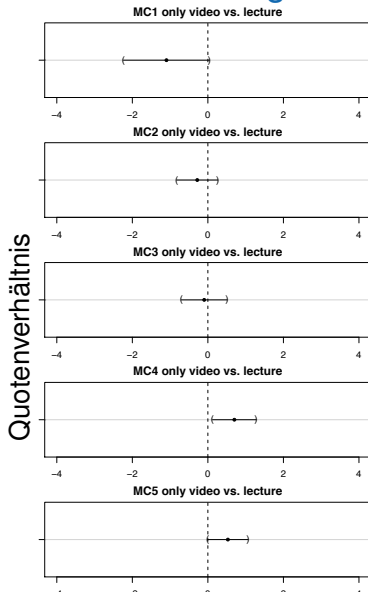
Ähnlich bei anderen Verfahren (Fisher)

Cave!

Absence of evidence

≠

Evidence of absence.



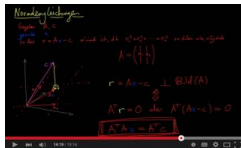
# Zusammenfassung Quantitative Ergebnisse

Es **scheinen**

die Vermittlung via **Video** oder **Vorlesung**  
**gleichwertig**,

**Videos** eher die Vermittlung von  
**Rechnenprozessen** zu unterstützen,

**Vorlesungen** eher die Vermittlung der **Theorie**  
zu unterstützen.



## Weitere Caveats

Absence of evidence  
≠  
Evidence of absence.



Unterdurchschnittliche Teilnahme

Keine Verbindlichkeit

Keine Untersuchung Eigenschaften der Kohorten:

Leistungstärke, Affinität, ...

oder allenfalls andere gemeinsame Merkmale, welche wir nicht sehen.

## Weitere Evaluationen: Lernunterstützung

Haben Ihnen\* die Videos beim Verständnis des Stoffes geholfen? Mehrheitlich (Eher) Ja.

Was war es, was Ihrer Meinung nach geholfen hat, den Stoff anhand der Videos zu erarbeiten?

20% Selbständiges Betrachten, kein sozialer Druck

84% Betrachten der Videos im eigenen Lerntempo

44% Einfache Darstellung der Videos

15% Kurze Dauer der Videos

15% Handschriftliche Darstellung

61% Zeitliche Unabhängigkeit

52% Örtliche Unabhängigkeit



## Weitere Evaluationen: Video-Format

Wie empfanden Sie die Geschwindigkeit in den Videos?

	2011	2012	2013	2014*
Zu langsam	40%	34%	50%	<b>19%</b>
gerade richtig	59%	64%	49%	<b>78%</b>

\* Videos neu produziert.

Wenn Sie zwischen Musterlösungen als PDF oder als Video wählen müssten, was würden Sie bevorzugen?

PDF	57%	62%	68%	52%
Video	41%	38%	32%	48%

Was ist Ihres Erachtens hilfreicher?

Theorie-Video	73%	74%	69%	66%
Musterlösungs-Video	27%	26%	31%	34%

## Weitere Evaluationen: Video vs. Vorlesung

Würden Sie die Vorlesung trotzdem noch besuchen,  
falls solche Videos angeboten würden?      Unentschieden  
Immer/Meistens (48%) vs. Gelegentlich/Nie (52%)

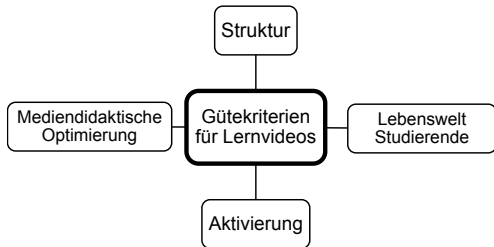
Wünschen Sie sich für andere Themen und Fächer solche  
Videos?      Eindeutig Ja

Könnten Sie sich vorstellen einen ganzen Kurs in Form  
von solchen Videos zu betrachten?      Unentschieden  
Ja (50%) – Nein (50%)

Wie wichtig ist Ihnen die Vorlesung als Social Event?  
(Kontakt zu Mitstudierenden, zum Dozenten)  
Mehrheitlich Sehr / Eher wichtig

# Weitere Caveats Produktion

## Gütekriterien



## Was funktioniert?

**Kürzere Videos** sprechen mehr an ( $\leq 6$  min.)



**„Soziale Präsenz“**  
(start/dazwischen/take home)



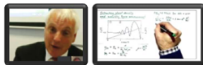
**Enthusiasmus** wirkt ansteckend



**Sprechgeschwindigkeit** normal/leicht schneller



**Persönliche Handschrift.**  
Do-it-yourself gut akzeptiert



**Tutorials:** Kapitel, Wiederholungen



## Und Nu ?

Vielleicht Mehrwert / Stärke Khan-Academy eher in Möglichkeit,



1. kontinuierlich zu repetieren und zu üben ?
  2. gezielter Rückmeldung ?
- 
3. der Beobachtung individueller Lernentwicklung ?



Mit Blick auf Grundsätze des (mathematischen) Lernens

**Vorwissen** ↔ Repetieren

**Aktivierung** ↔ Üben

---

**Chunking** ↔ Strukturieren

## (Vor-)Wissen strukturieren

Lernen Sie diese Buchstabenmatrix auswendig:

T	I	O	X	S	T	Z
H	C	W	J	O	H	Y
E	K	N	U	V	E	D
Q	B	F	M	E	L	O
U	R	O	P	R	A	G

Aha!

T	I	O	X	S	T	Z
H	C	W	J	O	H	Y
E	K	N	U	V	E	D
Q	B	F	M	E	L	O
U	R	O	P	R	A	G

Chunking

Wissen strukturieren.

Kleine Wissens Elemente zu Blöcken zusammenfassen.

Diese wieder zu grösseren Einheiten verbinden.

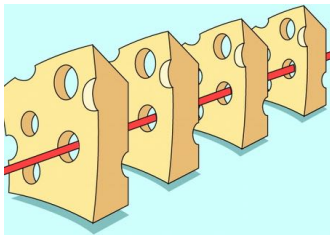
# Vorwissen

“If I had to reduce all of educational psychology to just one principle, I would say this: The most important single factor influencing learning is what the learner already knows”  
(D. P. Ausubel (1968))

In der Mathematik besonders wichtig:

Neues Wissen knüpft grundsätzlich an Vorwissen an.

## Das Problem mit dem Schweizer Käse



Um zu bestehen, reichen i.d.R. 75% der Punkte.

Diese Lücken sammeln sich. Das fehlende Vorwissen liefert dann Schwierigkeiten.

Khan: "Bearbeite ein Thema so lange, bis Du 10 / 10 richtig hast."

Get 3 correct in a row

Check answer

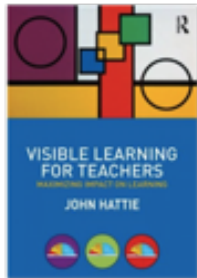


Check answer

(≈ Mastery Learning)

## Vorwissen und Selbsteinschätzung

Selbsteinschätzung des eigenen Leistungsniveaus ist Spitzenreiter in Hattie-Visible-Learning-Studie (J. Hattie 2013)



Formatives Assessment mit guter Rückmeldung hilft bei dieser Einschätzung.

Im Idealfall motivieren Rückmeldungen zu eigenständiger Repetition

→ Videos



## Formative Assessment (★ = Khan-Exercise)

- ★ Teil des Lernprozesses und dabei meist unbenotet.  
Ergebnis dient zur individuellen Leistungsbestimmung.
- ★ Zentrales Element Rückmeldung (Feedback) mit Einfluss auf  
Leistung, Motivation  
Höheres Bewusstsein der Selbstwirksamkeit des Lernens
- ★ Feedback-Qualität beeinflusst dessen Effekt auf Lernprozess.
- ★ Häufige Formen: Selbsttests, Übungsaufgaben und  
Besprechungen mit Lehr- und Assistenzpersonen

Mit Computer: Permanentes Üben mit instantaner Rückmeldung  
und adaptiver Variation

# Beobachtung individueller Lernentwicklung

## Eigenständig



Compare myself to others

Erkenne Vertiefungs- und Nachholbedarf

Stärkung Motivation / Selbstbewusstsein

## Gesteuert



Statistik über Erfolg der Studierenden

Typische und/oder systematische Probleme

Lehrveranstaltung adaptiv planen, modifizieren  
und bei Bedarf verbessern.

Aufgaben in Folgen mit angemessener Schwierigkeit  
individuell stellen