



IMMERSIVE QUANTIFIED LEARNING LAB

„Für viele Maßnahmen im Bereich der digitalen Bildung gibt es bisher keine Blaupausen - und der Erkenntnisbedarf ist in vielen Bereichen noch erheblich. [...] Umso wichtiger ist es, dass die Maßnahmen des digital gestützten Lernens bezüglich ihrer Wirksamkeit und Potenziale evaluiert werden“

(BMBF 2017, Bildungsoffensive für die digitale Wissensgesellschaft)



Einflussfaktoren

Signifikant bessere Lernperformanz, wenn ...

- die Lernenden in Paaren statt einzeln das digitale Medium nutzen
- digitale Medien ergänzend zu traditionellen (analogen) Methoden eingesetzt werden
- die Lehrkraft beim Lernen mit digitalen Medien unterstützt
- die Lehrkraft professionell geschult wurde

Differenzierung durch digitale Medien:

- Leistungsschwache Schülerinnen und Schüler können das Angebot individueller Hilfestellungen nutzen¹
- Digitale Lerntagebücher: Überblick über Lernfortschritte einzelner Schüler und Schülerinnen (z.B. Moodle)
- Zusammenarbeit fördern, Lernort und –Zeit flexibel gestalten (flipped classroom)
- BYOD Ansätze: Lernende greifen auf eine ihnen vertraute Technik zurück



Quelle: Mathematik differenziert
Digitale Medien – Neue Zugänge für den
Unterricht , Heft 1 / 2017

¹Beal, Arroyo, Cohen & Wolf (2010), Journal of Interactive Online Learning, 9(1), 64 –77.

Rationale Aspekte der Künstlichen Intelligenz (KI) lassen sich bereits heute mit großem Erfolg auf einem Computer simulieren

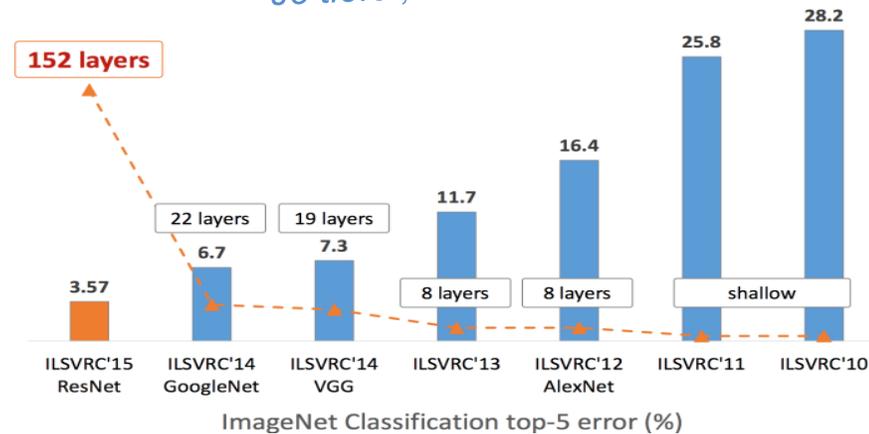
Seoul, März 2016



Google's AlphaGo gewinnt
GO-match gegen Lee Sedol
4-1!

- ➔ Neue Möglichkeiten basieren auf:
- ➔ Verfügbarkeit großer Datenmengen
 - ➔ Massive parallele Hardware
 - ➔ Maschinelles (tiefes) Lernen

Je tiefer, umso besser!



Wenn Lernen und Lernprozesse quantifizierbar wären, dann kann KI uns helfen,

- die Wirkmechanismen des Lernens besser zu verstehen
- individuelle Defizite zu erkennen
- individuelles Feedback zu geben
- Gruppendynamiken nachzuvollziehen
- Lernerfolg zu beurteilen

„KI für den Menschen!“

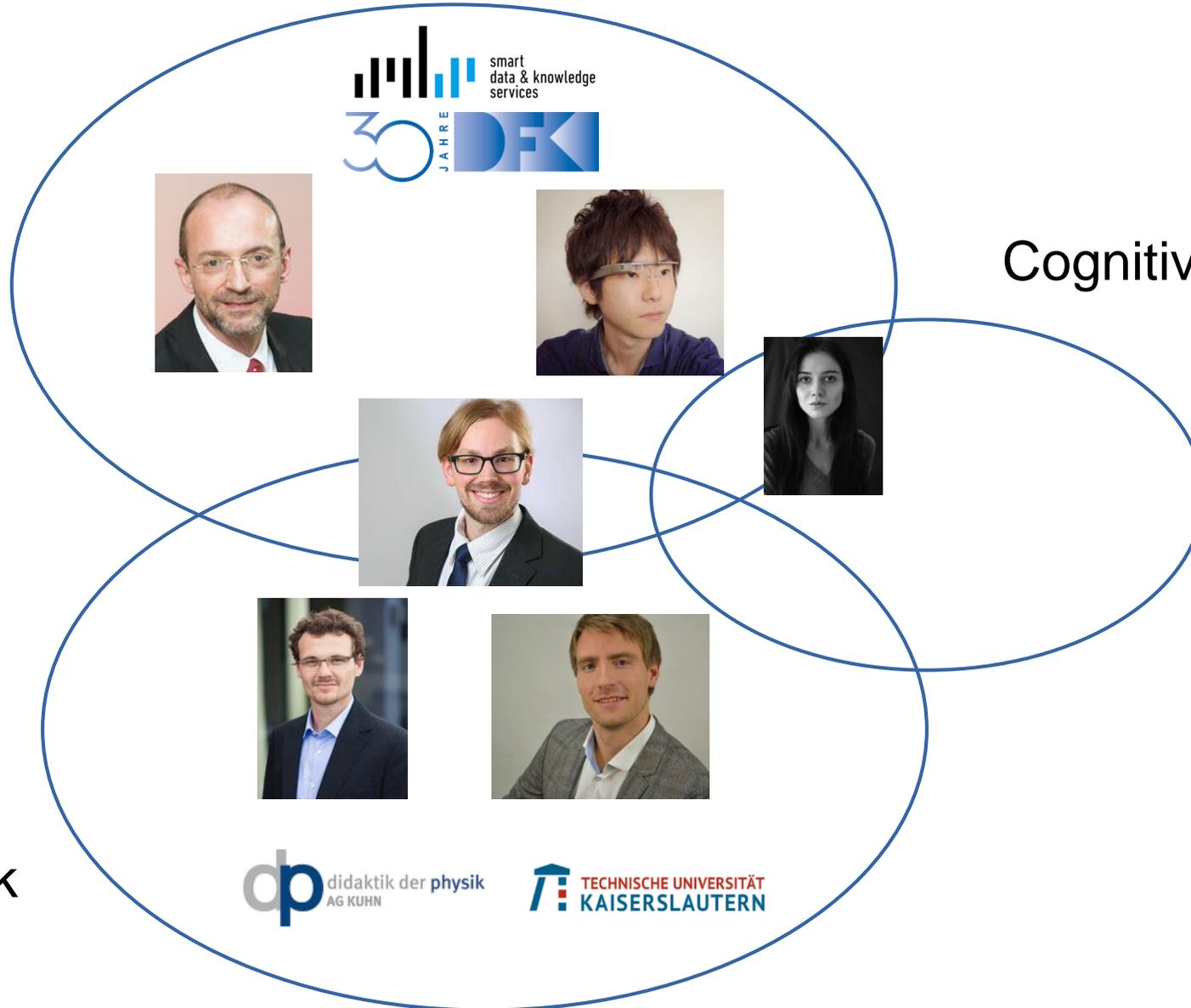
„Das größte Potenzial von Künstlicher Intelligenz liegt nicht in der Entwicklung menschenähnlicher Maschinen, sondern in der Fähigkeit als intellektueller Leistungsverstärker im Sinne eines digitalen Partners zu agieren!“

Prof. Andreas Dengel

Informatik

Cognitive Science

Physik

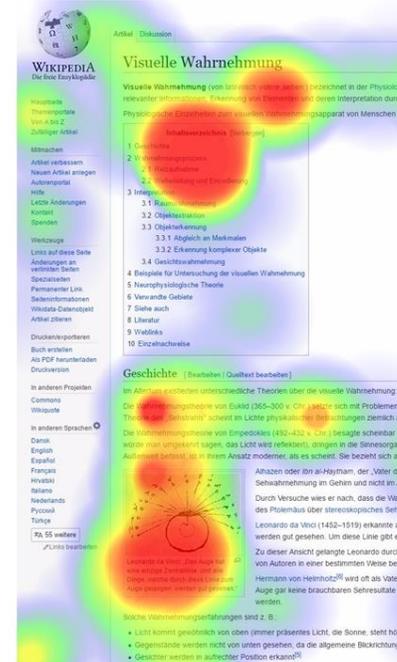




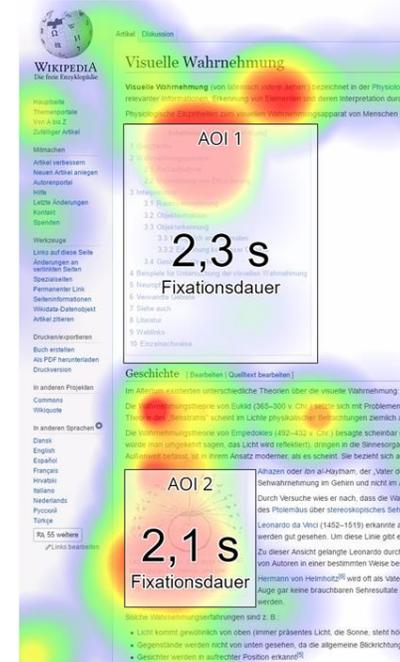
Berechnet aus der Reflexion infraroten Lichtes die Augenbewegungen und -positionen



Screenshot der Wikipedia-Seite „Visuelle Wahrnehmung“.



Heatmap, generiert aus den Eyetracking-Daten von drei Probanden.



Zwei Areas of Interest (AOIs) mit den Ergebnissen für das Maß „Fixationsdauer“ in Sekunden.

• Unterschiede zwischen guten und schlechten Probanden

Regeln für die Reihenschaltung



1. Bauteile in Reihe machen den Widerstand größer

Paula ist neugierig. Sie macht mit einer 4,5-V-Flachbatterie den Versuch aus der Schule nach, in dem gezeigt wurde, dass der menschliche Körper Strom leitet. Mit ihrem Multimeter kann sie tatsächlich messen, dass durch ihren Körper ein kleiner Strom fließt, wenn sie mit Batterie, Multimeter und ihren Händen einen geschlossenen Stromkreis bildet. Nun kommt ihre Freundin Andrea hinzu. Sie fragt sich, ob auch noch Strom fließt, wenn sie und Paula beide im Stromkreis sind.

Paula nimmt Andrea mit in den Stromkreis hinein \rightarrow V1. Tatsächlich stellen beide fest, dass das Multimeter immer noch anzeigt, dass Strom fließt – die Stromstärke ist zwar geringer geworden, aber nicht null. Offensichtlich hat sich der Widerstand vergrößert, wenn sie beide in Reihe zur Batterie geschaltet sind. Die zwei wollen der Sache nun systematisch auf den Grund gehen und arbeiten mit technischen Widerständen. Sie bauen einen Stromkreis auf, in dem sie nach und nach mehr Widerstände in Reihe schalten und dabei die Stromstärken messen \rightarrow V2. Die Spannung der Batterie bleibt dabei stets die gleiche. Sie notieren sich die verwendeten Widerstandswerte und die Stromstärken in einer Tabelle \rightarrow T1.

Paula und Andrea werten ihre Messergebnisse aus. Dazu berechnen sie auch den Widerstand für die Gesamtschaltung nach der Definition $R = U/I$ \rightarrow T1. Sie stellen fest:

- Mit jedem zusätzlichen Widerstand, den sie in Reihe schalten, verringert sich die Stromstärke. Das bedeutet: Der Widerstand, den die Schaltung insgesamt besitzt (**Gesamtwiderstand**), vergrößert sich dadurch.
- Der Quotient aus der Spannung der Batterie U und der jeweiligen Stromstärke I ergibt einen Widerstandswert R_{ges} – im Rahmen der Messgenauigkeit – gerade so groß ist wie die Summe der eingebauten Widerstandswerte.

Aus diesem Ergebnis kann man folgern, dass der Gesamtwiderstand R_{ges} einer Reihenschaltung stets größer ist als jeder einzelne Widerstandswert in dieser Schaltung. Das heißt aber auch: R_{ges} ist stets größer als der größte Einzelwiderstand. Schaltet man also Bauteile in Reihe, so kann sich dadurch bei gleicher Spannung die Stromstärke nur verringern. Diesen Effekt benutzt man bei sogenannten Widerständen, um Bauteile vor zu großer Stromstärke zu schützen.

Merksatz

Baut man in einer Reihenschaltung zusätzliche Bauteile ein, so wird dadurch der Gesamtwiderstand R_{ges} größer. Der Gesamtwiderstand ist stets größer als der größte Einzelwiderstand. Er ergibt sich bei der Reihenschaltung aus der Summe der Einzelwiderstände:

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

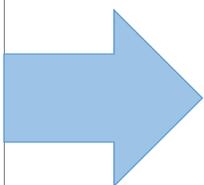
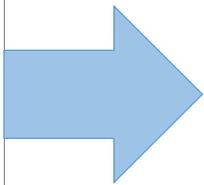
V1 Paula und Andrea bilden mit der Batterie einen Stromkreis – zunächst Paula allein, dann beide zusammen, sodass sie in Reihe zur Batterie geschaltet sind.

V2 An die Batterie werden ein \odot , zwei \odot bzw. drei \odot Widerstände in Reihe angeschlossen und die Stromstärken gemessen.

| Widerstandswerte | \odot | \odot | \odot |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 100 Ω | 100 Ω | 100 Ω |
| | | 150 Ω | 150 Ω |
| | | | 220 Ω |
| I | 45 mA | 18 mA | 9,5 mA |
| $R_{ges} = U/I$ | 100 Ω | 250 Ω | 474 Ω |

T1 Messergebnisse aus \rightarrow V2. Die Spannung der Batterie betrug konstant $U = 4,5$ V.

Achtung! Eine Änderung an einer Stelle des Stromkreises hat Auswirkungen auf alle anderen Stellen. Bitte daher vor Änderungen die Spannung auf null oder trenne die Quelle vom Stromkreis.



Regeln für die Reihenschaltung

1. Bauteile in Reihe machen den Widerstand größer

Paula ist neugierig. Sie macht mit einer 4,5-V-Flachbatterie den Versuch aus der Schule nach, in dem gezeigt wurde, dass der menschliche Körper Strom leitet. Mit ihrem Multimeter kann sie tatsächlich messen, dass durch ihren Körper ein kleiner Strom fließt, wenn sie mit Batterie, Multimeter und ihren Händen einen geschlossenen Stromkreis bildet. Nun kommt ihre Freundin Andrea hinzu. Sie fragt sich, ob auch noch Strom fließt, wenn sie und Paula beide im Stromkreis sind.

Paula nimmt Andrea mit in den Stromkreis hinein \rightarrow V1. Tatsächlich stellen beide fest, dass das Multimeter immer noch anzeigt, dass Strom fließt – die Stromstärke ist zwar geringer geworden, aber nicht null. Offensichtlich hat sich der Widerstand vergrößert, wenn sie beide in Reihe zur Batterie geschaltet sind. Die zwei wollen der Sache nun systematisch auf den Grund gehen und arbeiten mit technischen Widerständen. Sie bauen einen Stromkreis auf, in dem sie nach und nach mehr Widerstände in Reihe schalten und dabei die Stromstärken messen \rightarrow V2. Die Spannung der Batterie bleibt dabei stets die gleiche. Sie notieren sich die verwendeten Widerstandswerte und die Stromstärken in einer Tabelle \rightarrow T1.

Paula und Andrea werten ihre Messergebnisse aus. Dazu berechnen sie auch den Widerstand für die Gesamtschaltung nach der Definition $R = U/I$ \rightarrow T1. Sie stellen fest:

- Mit jedem zusätzlichen Widerstand, den sie in Reihe schalten, verringert sich die Stromstärke. Das bedeutet: Der Widerstand, den die Schaltung insgesamt besitzt (**Gesamtwiderstand**), vergrößert sich dadurch.
- Der Quotient aus der Spannung der Batterie U und der jeweiligen Stromstärke I ergibt einen Widerstandswert R_{ges} – im Rahmen der Messgenauigkeit – gerade so groß ist wie die Summe der eingebauten Widerstandswerte.

Aus diesem Ergebnis kann man folgern, dass der Gesamtwiderstand R_{ges} einer Reihenschaltung stets größer ist als jeder einzelne Widerstandswert in dieser Schaltung. Das heißt aber auch: R_{ges} ist stets größer als der größte Einzelwiderstand. Schaltet man also Bauteile in Reihe, so kann sich dadurch bei gleicher Spannung die Stromstärke nur verringern. Diesen Effekt benutzt man bei sogenannten Widerständen, um Bauteile vor zu großer Stromstärke zu schützen.

Merksatz

Baut man in einer Reihenschaltung zusätzliche Bauteile ein, so wird dadurch der Gesamtwiderstand R_{ges} größer. Der Gesamtwiderstand ist stets größer als der größte Einzelwiderstand. Er ergibt sich bei der Reihenschaltung aus der Summe der Einzelwiderstände:

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

V1 Paula und Andrea bilden mit der Batterie einen Stromkreis – zunächst Paula allein, dann beide zusammen, sodass sie in Reihe zur Batterie geschaltet sind.

V2 An die Batterie werden ein \odot , zwei \odot bzw. drei \odot Widerstände in Reihe angeschlossen und die Stromstärken gemessen.

| Widerstandswerte | \odot | \odot | \odot |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 100 Ω | 100 Ω | 100 Ω |
| | | 150 Ω | 150 Ω |
| | | | 220 Ω |
| I | 45 mA | 18 mA | 9,5 mA |
| $R_{ges} = U/I$ | 100 Ω | 250 Ω | 474 Ω |

T1 Messergebnisse aus \rightarrow V2. Die Spannung der Batterie betrug konstant $U = 4,5$ V.

Achtung! Eine Änderung an einer Stelle des Stromkreises hat Auswirkungen auf alle anderen Stellen. Bitte daher vor Änderungen die Spannung auf null oder trenne die Quelle vom Stromkreis.

Regeln für die Reihenschaltung

1. Bauteile in Reihe machen den Widerstand größer

Paula ist neugierig. Sie macht mit einer 4,5-V-Flachbatterie den Versuch aus der Schule nach, in dem gezeigt wurde, dass der menschliche Körper Strom leitet. Mit ihrem Multimeter kann sie tatsächlich messen, dass durch ihren Körper ein kleiner Strom fließt, wenn sie mit Batterie, Multimeter und ihren Händen einen geschlossenen Stromkreis bildet. Nun kommt ihre Freundin Andrea hinzu. Sie fragt sich, ob auch noch Strom fließt, wenn sie und Paula beide im Stromkreis sind.

Paula nimmt Andrea mit in den Stromkreis hinein \rightarrow V1. Tatsächlich stellen beide fest, dass das Multimeter immer noch anzeigt, dass Strom fließt – die Stromstärke ist zwar geringer geworden, aber nicht null. Offensichtlich hat sich der Widerstand vergrößert, wenn sie beide in Reihe zur Batterie geschaltet sind. Die zwei wollen der Sache nun systematisch auf den Grund gehen und arbeiten mit technischen Widerständen. Sie bauen einen Stromkreis auf, in dem sie nach und nach mehr Widerstände in Reihe schalten und dabei die Stromstärken messen \rightarrow V2. Die Spannung der Batterie bleibt dabei stets die gleiche. Sie notieren sich die verwendeten Widerstandswerte und die Stromstärken in einer Tabelle \rightarrow T1.

Paula und Andrea werten ihre Messergebnisse aus. Dazu berechnen sie auch den Widerstand für die Gesamtschaltung nach der Definition $R = U/I$ \rightarrow T1. Sie stellen fest:

- Mit jedem zusätzlichen Widerstand, den sie in Reihe schalten, verringert sich die Stromstärke. Das bedeutet: Der Widerstand, den die Schaltung insgesamt besitzt (**Gesamtwiderstand**), vergrößert sich dadurch.
- Der Quotient aus der Spannung der Batterie U und der jeweiligen Stromstärke I ergibt einen Widerstandswert R_{ges} – im Rahmen der Messgenauigkeit – gerade so groß ist wie die Summe der eingebauten Widerstandswerte.

Aus diesem Ergebnis kann man folgern, dass der Gesamtwiderstand R_{ges} einer Reihenschaltung stets größer ist als jeder einzelne Widerstandswert in dieser Schaltung. Das heißt aber auch: R_{ges} ist stets größer als der größte Einzelwiderstand. Schaltet man also Bauteile in Reihe, so kann sich dadurch bei gleicher Spannung die Stromstärke nur verringern. Diesen Effekt benutzt man bei sogenannten Widerständen, um Bauteile vor zu großer Stromstärke zu schützen.

Merksatz

Baut man in einer Reihenschaltung zusätzliche Bauteile ein, so wird dadurch der Gesamtwiderstand R_{ges} größer. Der Gesamtwiderstand ist stets größer als der größte Einzelwiderstand. Er ergibt sich bei der Reihenschaltung aus der Summe der Einzelwiderstände:

$$R_{ges} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots$$

V1 Paula und Andrea bilden mit der Batterie einen Stromkreis – zunächst Paula allein, dann beide zusammen, sodass sie in Reihe zur Batterie geschaltet sind.

V2 An die Batterie werden ein \odot , zwei \odot bzw. drei \odot Widerstände in Reihe angeschlossen und die Stromstärken gemessen.

| Widerstandswerte | \odot | \odot | \odot |
|------------------|--------------|--------------|--------------|
| | 100 Ω | 100 Ω | 100 Ω |
| | | 150 Ω | 150 Ω |
| | | | 220 Ω |
| I | 45 mA | 18 mA | 9,5 mA |
| $R_{ges} = U/I$ | 100 Ω | 250 Ω | 474 Ω |

T1 Messergebnisse aus \rightarrow V2. Die Spannung der Batterie betrug konstant $U = 4,5$ V.

Achtung! Eine Änderung an einer Stelle des Stromkreises hat Auswirkungen auf alle anderen Stellen. Bitte daher vor Änderungen die Spannung auf null oder trenne die Quelle vom Stromkreis.

Heatmap der Blickdaten von **Anfängern**

- Augen nicht fokussiert auf Bereiche
- Tabelle (größtenteils) ignoriert

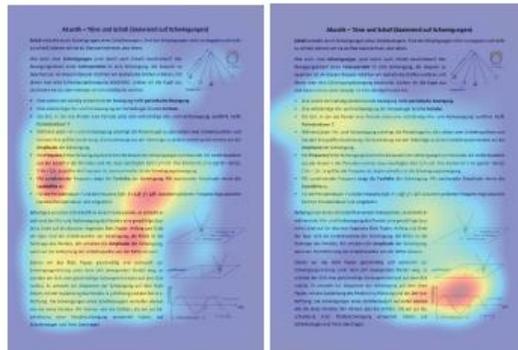
Heatmap der Blickdaten von **Experten**

- Augen fokussiert auf wenige Bereiche
- Intensive Betrachtung der Formeln und Tabellen

- Gute Probanden wissen was wichtige Bereiche sind auf die zurückgeschaut werden muss

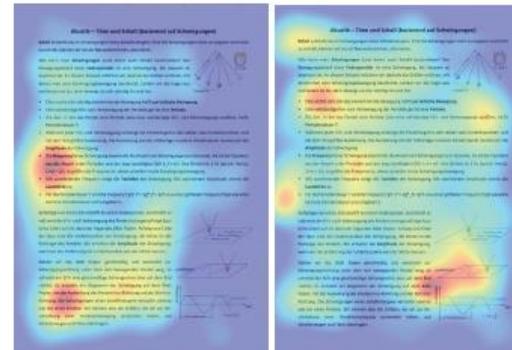
lesen

lösen



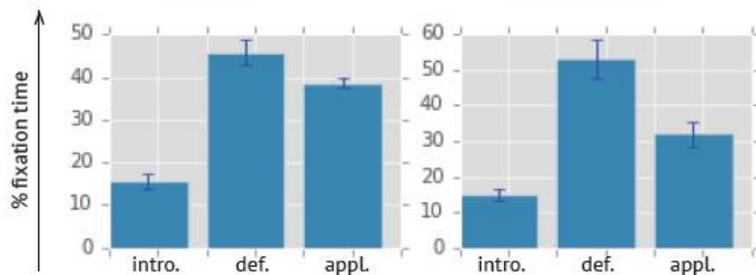
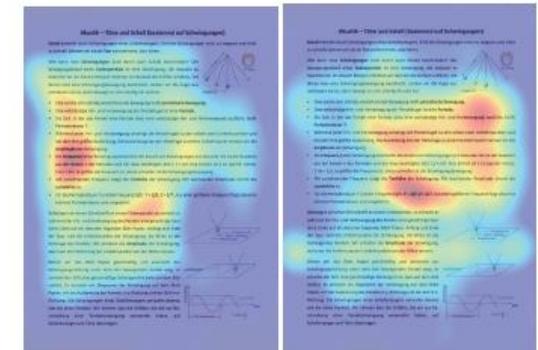
lesen

lösen

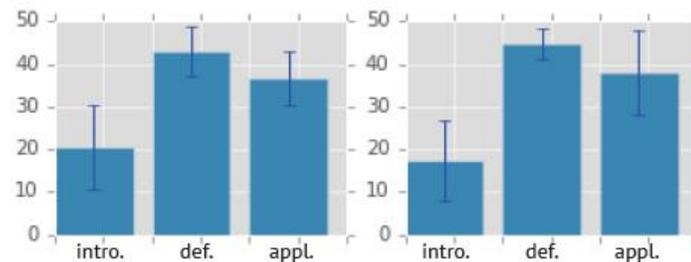


lesen

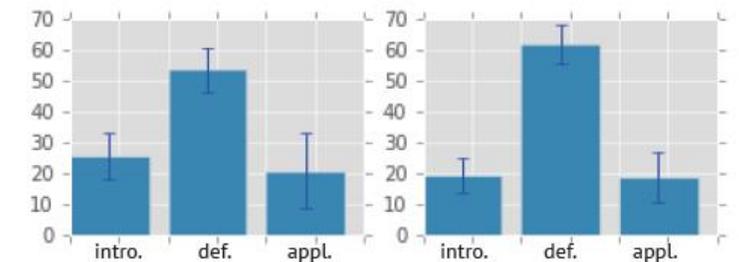
lösen



lesen lösen
Anfänger



lesen lösen
Fortgeschrittene



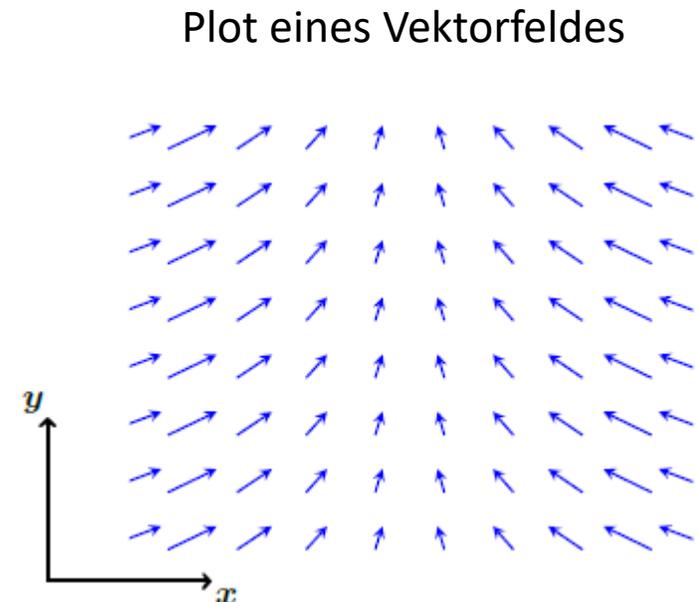
lesen lösen
Experten

- Das visuelle Verständnis der Studenten für mathematische Konzepte
- Beispiel: Divergenz eines Vektorfeldes

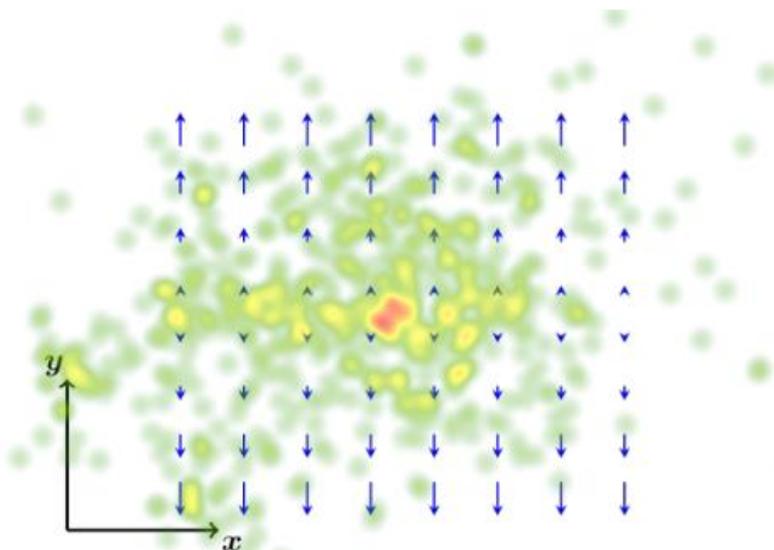
$$\operatorname{div} \vec{F} = \lim_{V \rightarrow 0} \frac{1}{V} \int_{\partial V} \vec{F} \cdot d\vec{n}$$

$$\operatorname{div} \vec{F} = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y} + \frac{\partial F_z}{\partial z}$$

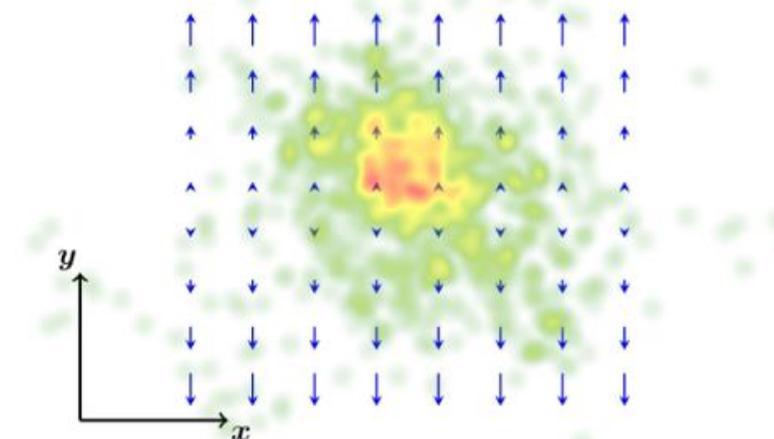
Anwendung einer
visuellen Strategie



Wie schauen Studenten auf Vektorfelder?

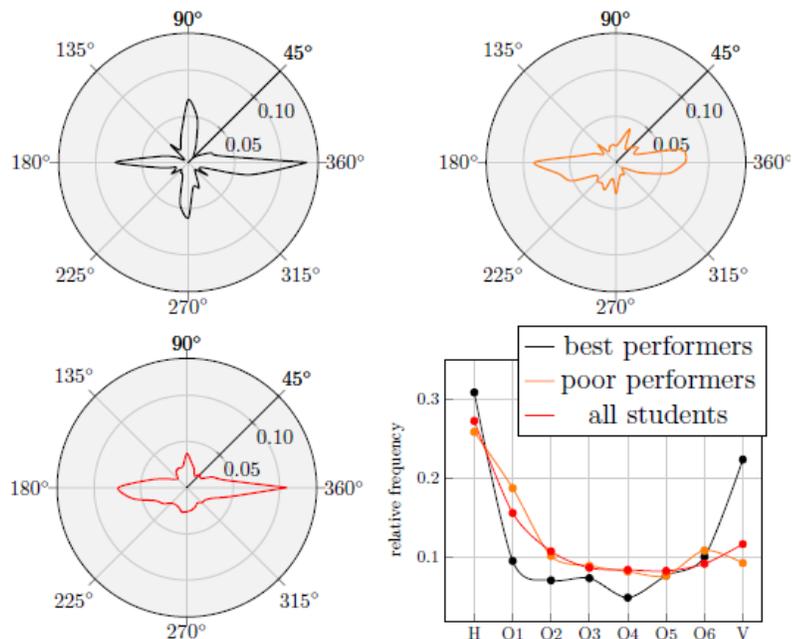
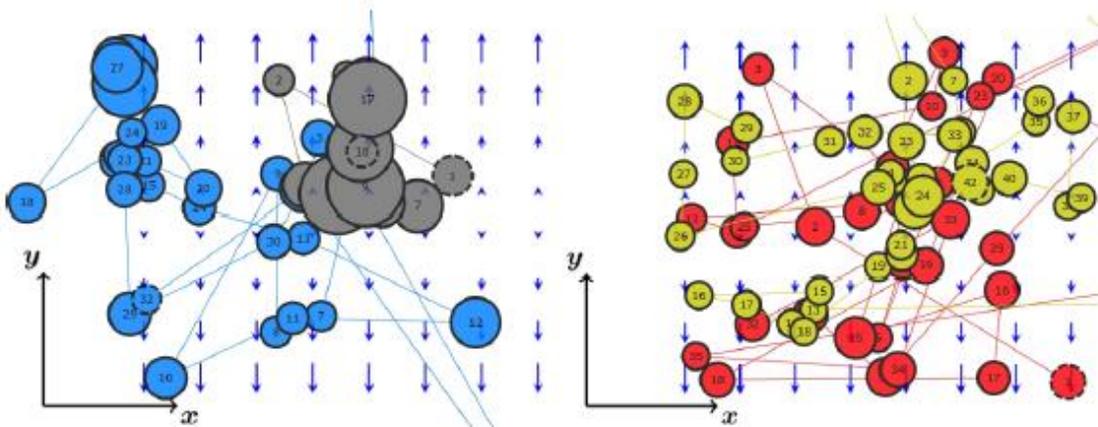


$$\text{div} \vec{F}(\vec{r}) = \frac{\partial F_x}{\partial x} + \frac{\partial F_y}{\partial y}$$



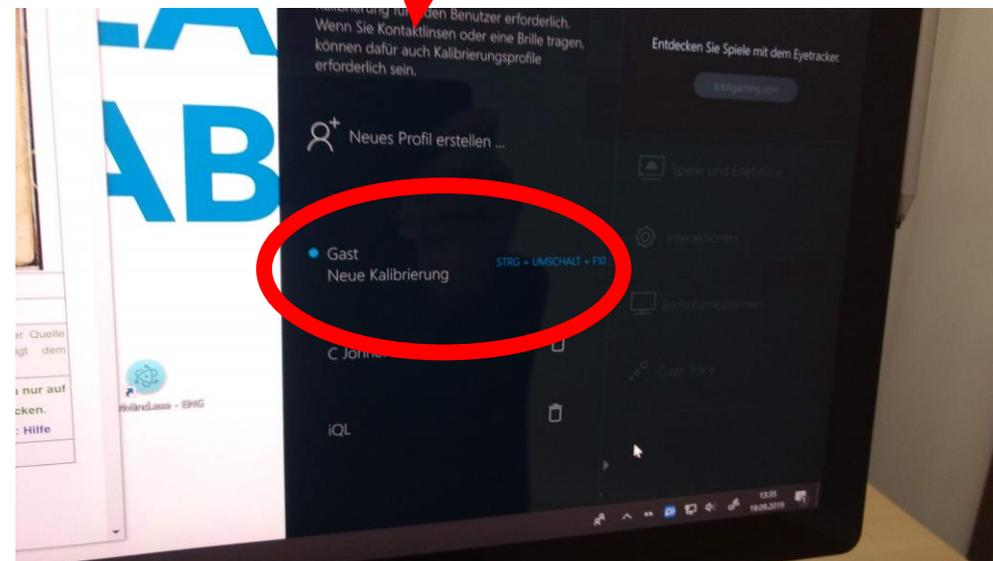
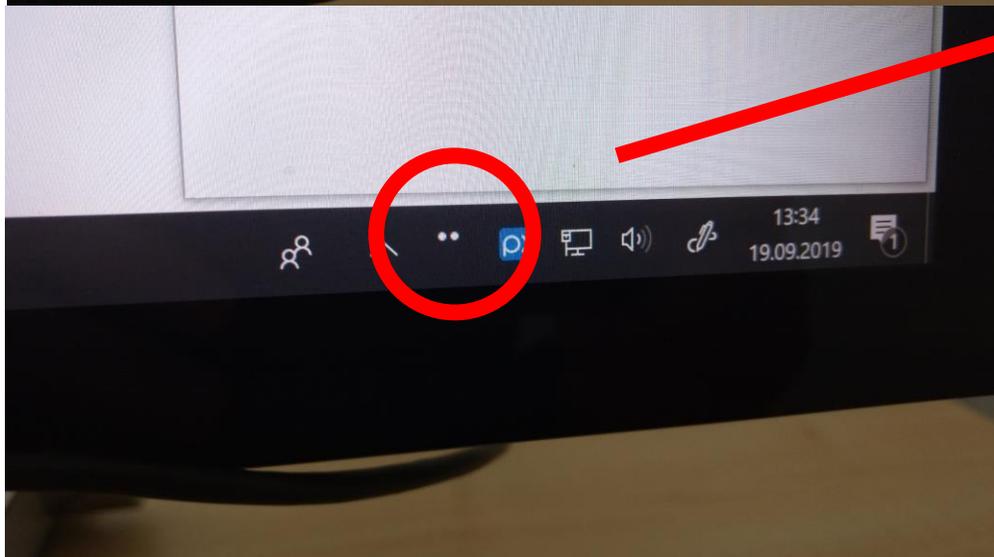
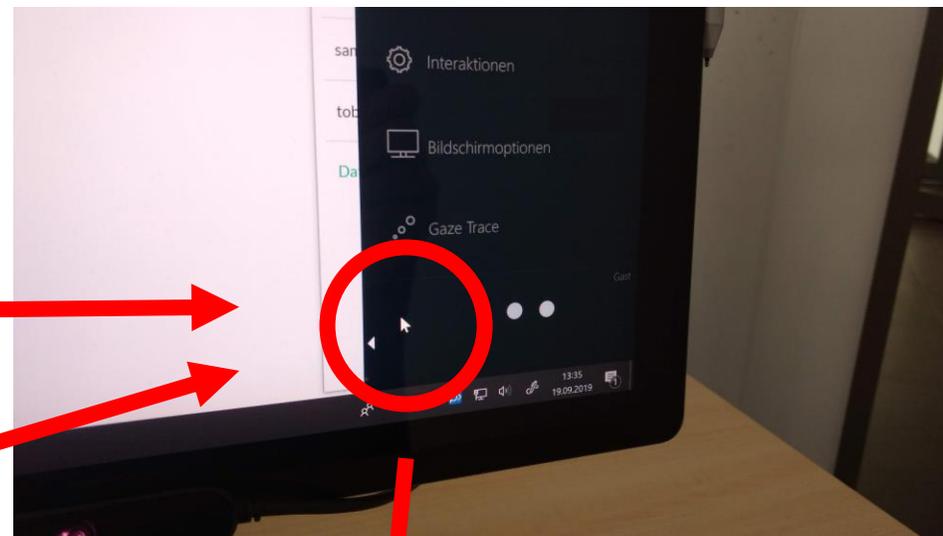
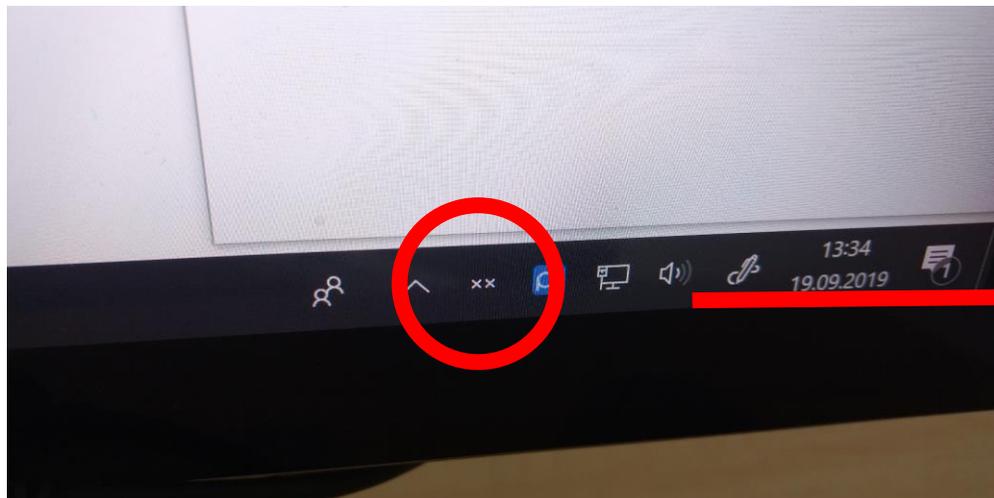
$$\int_V \text{div} \vec{F} dV = \int_{\partial V} \vec{F} \cdot d\vec{n}$$

- N = 41 Physikstudenten (2. Jahr)
- Deutliche Unterschiede der ET-Messungen zwischen beiden Strategien
- Heatmaps zeigen unterschiedliche Gleichung – Bilder-Interaktionen

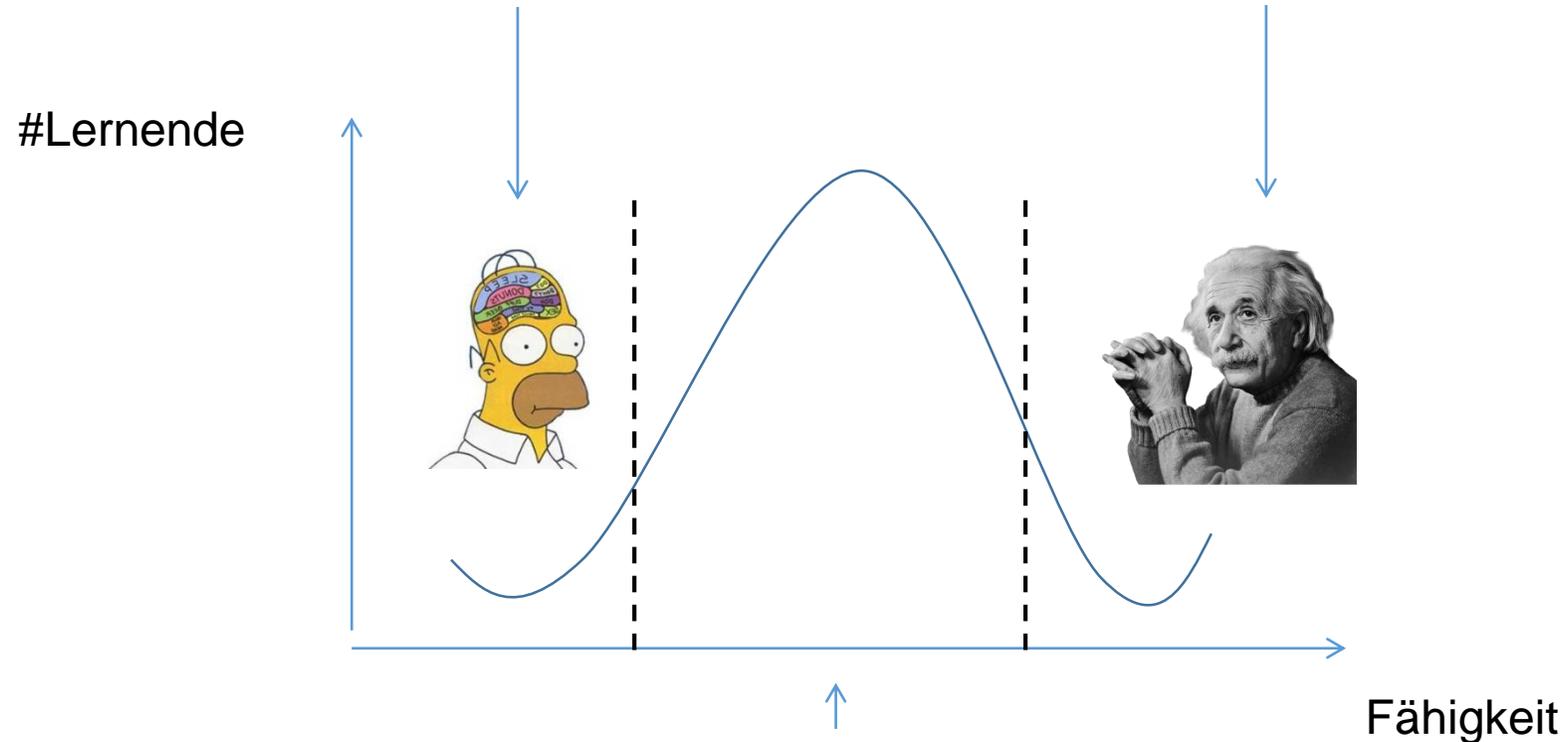


- Pfad der besten und schlechtesten Probanden
- Deutliche Unterschiede: Anzahl der Fixationen und Fixationsdauer
- Unterschiede in der sakkadischen Richtungsverteilung: Experten bewegen ihre Augen mehr vertikal

Ausprobieren!

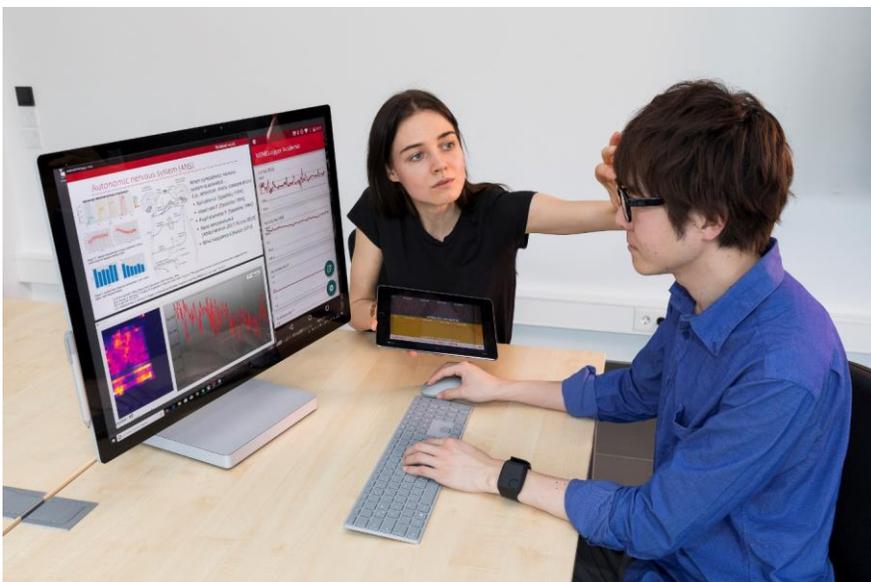


Eyetracking unterscheidet gut zwischen den Extremen



Benötigt mehr Datenquellen

→ Mehr/andere Sensoren gleichzeitig nötig!



Sensoren zur Beforschung von Lehr-Lern-Szenarien:





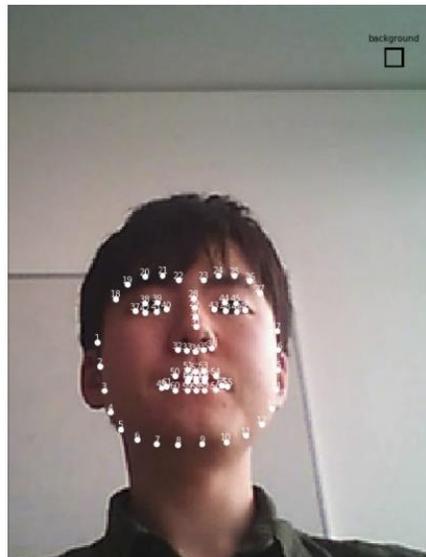
- Hoch-präzise Eyetracker
Tobii Pro X3-120

- Kosteneffiziente Gaming-
Eyetracker Tobii 4C

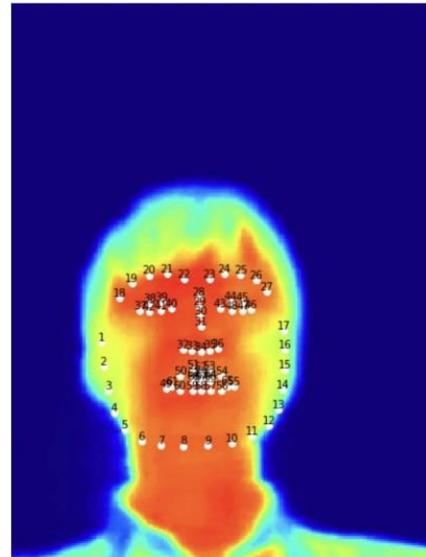


- Messung der Nasentemperatur um die kognitive Belastung zu erfassen

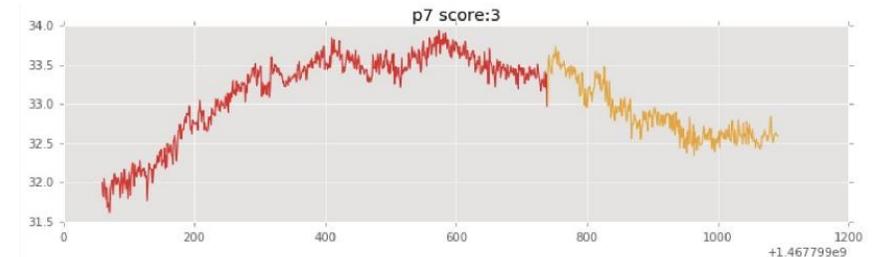
Input: RGB images and infrared images



CLNF based face landmark detection [Baltrušaitis 2013]



Face temperatures



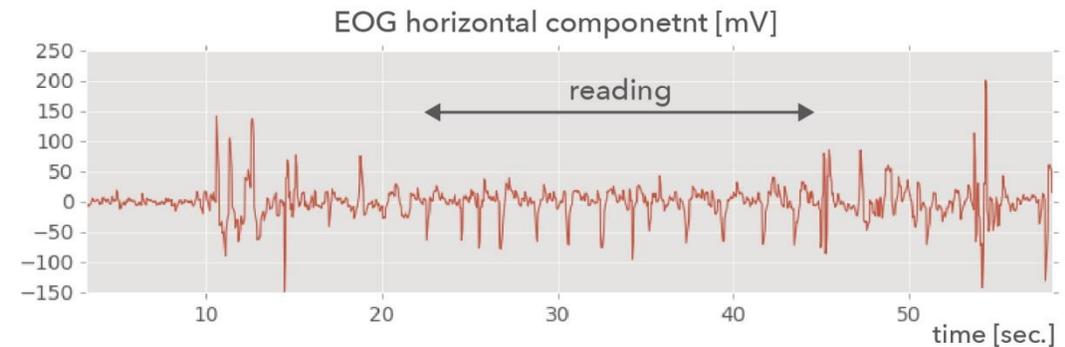
Output: 4 features

- Reading/solving
 - Slope*/standard deviation of...
 - Nose temperature

*calculated by linear regression

Shoya Ishimaru et al.

- Elektro-okulare Messung der Augenbewegung
- Misst nicht das exakte Blickfeld wie Eyetracker
- Misst Bewegungsmuster (Aktivitätserkennung), Zwinkern (Müdigkeit)



For context-aware systems, recognition of user activities is a key issue. By recognizing which type of activity the user is performing, the inference of the whole user context becomes more reliable. In this paper, we focus on daily activities which could occur in

● fixation — saccade

- Messung der elektrodermalen Aktivität der Haut um kognitive Belastung zu erkennen
- Herzfrequenz
- Hauttemperatur

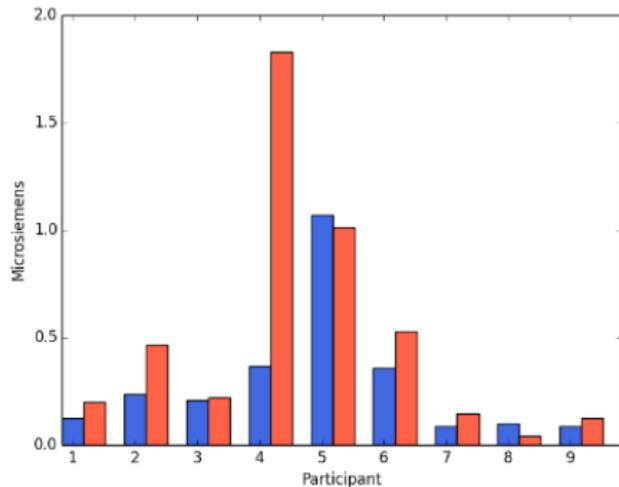


©Empatica

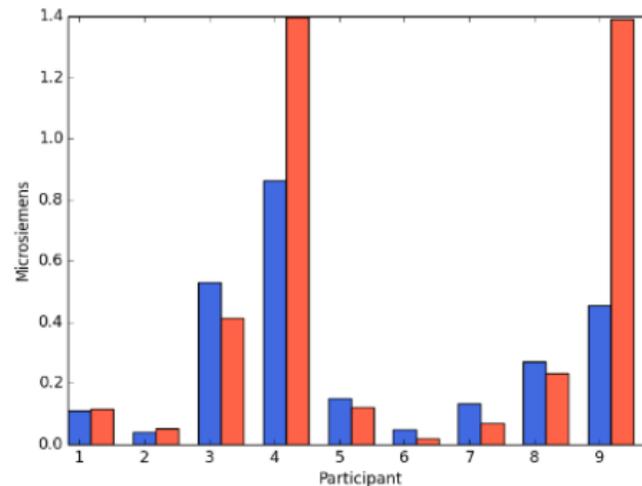
- Messung der elektrodermalen Aktivität der Haut um kognitive Belastung zu erkennen

Finding 4: Electrodermal Activity

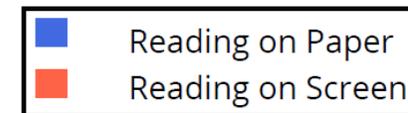
anstrengender ↑



By reading on screen, tonic component increased in average on 73.38% (t-test: $p < .01$)*.



By reading on screen: by 4 participants: increased in average on 74.49%; by 5: decreased on 32.90% (t-test: $p < .01$)*.

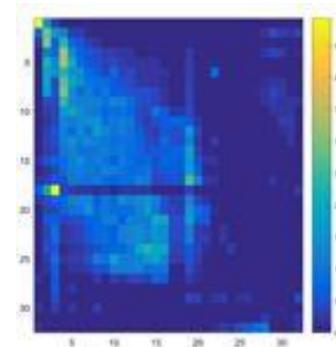


Lesen am Bildschirm meist anstrengender als Lesen von gedrucktem Text.

- Bestimmung der Herzfrequenz mit Hilfe einer Webcam anhand der periodischen Farbänderung der Haut
- Auch für Blutdruck möglich



- Drucksensoren mit einer Auflösung von 1,5 cm * 1,5 cm
- Ermöglicht Aktivitätserkennung aus Druckmustern



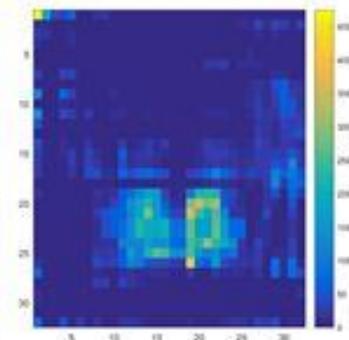
Posture 7



Lean to the side

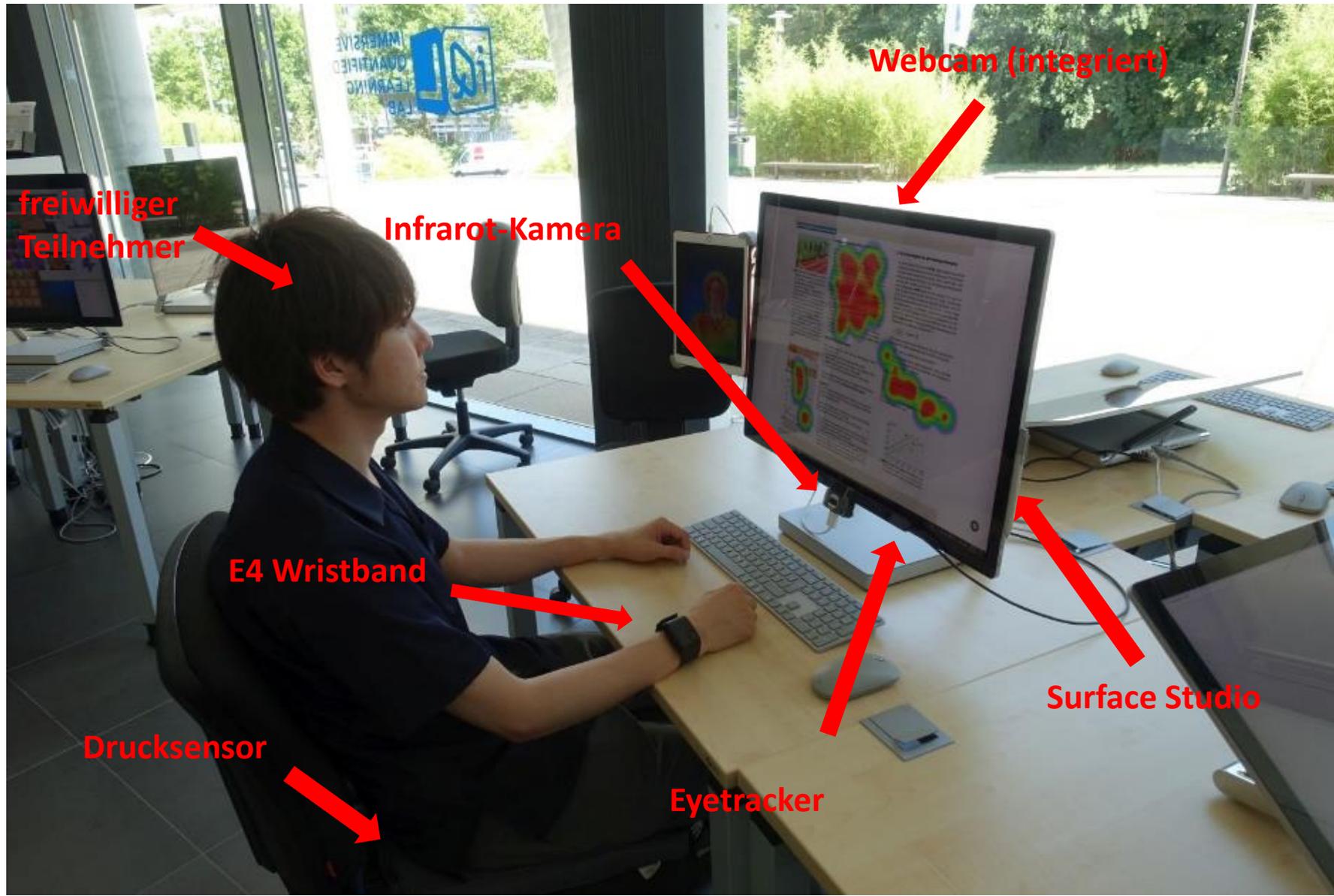


(c) Posture 3

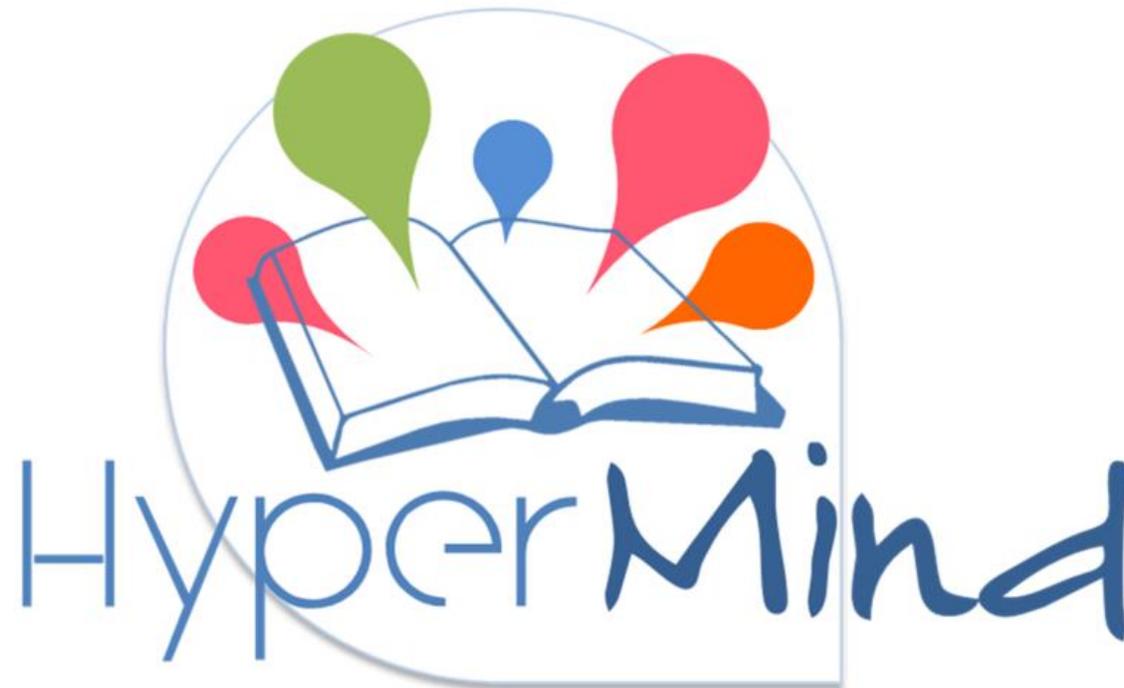


- Ermöglicht Handschrifterkennung und -verarbeitung





- Sensoren analysieren den kognitiven Zustand der Schüler und der Computer blendet individuelle Lernhilfen ein



U.EDU

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Geschwindigkeit längs einer Geraden

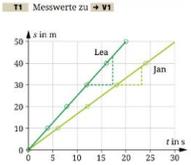


1. a) Mithilfe eines Maßbandes wird eine Ortsachse mit Ortswerten im Abstand von 10 m festgelegt. An jeder Marke steht ein Streckenposten mit Stoppuhr. Lea geht nun zügig und gleichmäßig im „fliegenden Start“ über die Nullmarke. In diesem Moment gibt der Starter das Signal und alle Stoppuhren werden gestartet. Sobald Lea eine Ortsmarke passiert, liest der Ortsposten die Zeit an seiner Stoppuhr ab und notiert sie. Zum Schluss werden alle Zeit- und Ortswerte in **11** übertragen.

b) Der Versuch wird in gleicher Weise wiederholt, diesmal geht Jan die 50-m-Bahn entlang. Er geht bewusst etwas langsamer als Lea, aber auch wieder möglichst gleichmäßig. Seine Messwerte findest du in **11**.

11 Messwerte zu **11**

| | | | | | | | |
|-----------|----------|---|-----|------|------|------|------|
| a) | t in s | 0 | 4,1 | 7,8 | 12,2 | 15,9 | 20,0 |
| | s in m | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| b) | t in s | 0 | 6,2 | 12,1 | 17,7 | 23,8 | 30,2 |
| | s in m | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |



11 Diagramm zu **11**; die t - s -Gerade zu Leas Lauf ist steiler als die zu Jans Lauf. Lea war schneller als Jan.

1. Bewegungsuntersuchung längs einer Ortsachse

Wir beschränken uns nun auf eine Bewegung längs einer geraden Ortsachse in einem Experiment **11**. Dazu geht zunächst Lea gleichmäßig auf einer 50-m-Bahn. Die präkalkulierten Messwerte **11** werden in ein Zeit-Ort-Diagramm (t - s -Diagramm) übertragen **11**. Es ergibt sich eine Ursprungsgerade. In einem zweiten Durchgang geht Jan etwas langsamer die 50-m-Bahn entlang, auch seine Zwischenzeiten werden notiert und in das gleiche t - s -Diagramm übertragen.

Es fällt auf, dass die Gerade zu Leas Messwerten steiler verläuft als die Gerade, die aus Jans Messwerten stammt. Unser Versuch zeigt jetzt deutlich, was schnell und langsam im Vergleich bedeutet:

- Schauen wir in die Tabelle **11** mit immer gleichen Differenzen der Ortswerte, so können wir ablesen: **Schneller** sein bedeutet, **gleiche Wege (Ortsdifferenzen) in kürzerem Zeitraum (Zeitdifferenz) zu durchlaufen**.
- Wir können aber auch in Diagramm **11** auf die Zeitachse mit gleichen Zeitdifferenzen schauen. Dann fällt auf: **Schneller** sein bedeutet, **im gleichen Zeitraum den größeren Weg zurückzulegen**.

2. Die gleichförmige Bewegung

Die Auswertungen zu Leas und Jans Bewegungen haben etwas gemeinsam:

- Das t - s -Diagramm der Bewegung ist eine Gerade.
- Für jede hier untersuchte Bewegung gilt: In gleichen Zeiträumen werden gleiche Wege zurückgelegt.
- Je schneller die Bewegung, desto steiler ist die Gerade.

Jede geradlinige Bewegung, deren t - s -Diagramm eine Gerade ergibt, heißt in der Physik **gleichförmige Bewegung**.

Merksatz

Verläuft eine Bewegung längs einer Geraden und werden in gleichen Zeiträumen gleiche Wege zurückgelegt, so heißt die Bewegung **gleichförmig**.

Das Zeit-Ort-Diagramm (t - s -Diagramm) einer gleichförmigen Bewegung ist eine Gerade. Für sie gilt: Je schneller die Bewegung, desto steiler ist die Gerade.

Leas und Jans Bewegungen entsprechen noch einem Sonderfall: Zum Zeitpunkt 0 s erfolgt der Start am Ort 0 m. In diesem Fall sind die t - s -Geraden Ursprungsgeraden. In diesem Sonderfall gilt zudem: In der doppelten Zeit hat sich der Ortswert verdoppelt, in der dreifachen Zeit hat sich der Ortswert verdreifacht usw. Die Quotienten aus s und t sind konstant. Dies bedeutet, die vom Startort zurückgelegten Wege s sind den benötigten Zeiträumen t proportional.

3. Die Geschwindigkeit der gleichförmigen Bewegung

In einem dritten Versuch wird **11** abgewandelt. Lea und Jan gehen diesmal gemeinsam, Lea vor Jan in genau 10 m Abstand. Ein zehn Meter langes Seil zwischen ihnen sichert dies während der gesamten Messung. Die Streckenposten konzentrieren sich jetzt auf den Lauf von Jan. Am t - s -Diagramm **11** lesen wir ab: Jan geht z. B. vom Ort 20 m bis zum Ort 40 m in der Zeit von 10 s bis 20 s. Er legt also 20 m in 10 s zurück. Lea geht im gleichen Zeitraum vom Ort 30 m bis zum Ort 50 m, also auch 20 m in 10 s. Gleiche Wege (Ortsdifferenzen $s_2 - s_1$) werden in gleichen Zeiten (Zeitdifferenzen $t_2 - t_1$) zurückgelegt. Gleich schnell bedeutet im t - s -Diagramm also gleiche Steigung. Deshalb definiert man: Der **Geschwindigkeitswert v** einer gleichförmigen Bewegung ist die Steigung der Geraden im t - s -Diagramm:

$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1}; \text{ Einheit: } \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Differenzen werden in der Physik oft mit dem griechischen Buchstaben Δ (Delta) abgekürzt. Man schreibt dann kürzer: $v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$, sprich „v gleich Delta s durch Delta t“.

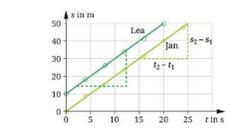
Den Geschwindigkeitswert ohne Vorzeichen nennt man **Betrag** der Geschwindigkeit. Er ist ein Maß für die Länge des Geschwindigkeitsvektors \rightarrow Seite 127.

Merksatz

Bei einer gleichförmigen Bewegung ist der Geschwindigkeitswert die Steigung der t - s -Geraden:

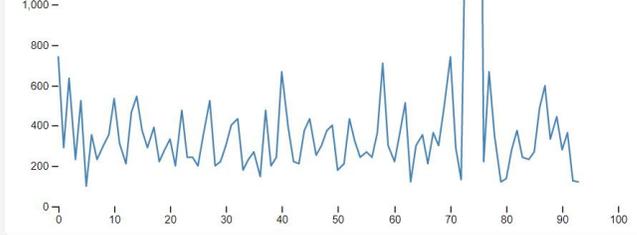
$$v = \frac{s_2 - s_1}{t_2 - t_1} \text{ oder kürzer } v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$$

Die Einheit des Geschwindigkeitswertes und des Betrages der Geschwindigkeit ist 1 m/s.

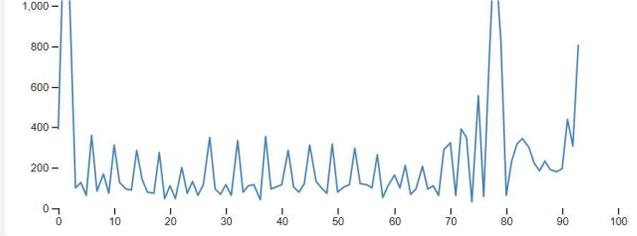


11 Lea und Jan gehen im Abstand von 10 m hintereinander. Lea 10 m voraus. Das t - s -Diagramm zeigt: Beide sind gleich schnell.

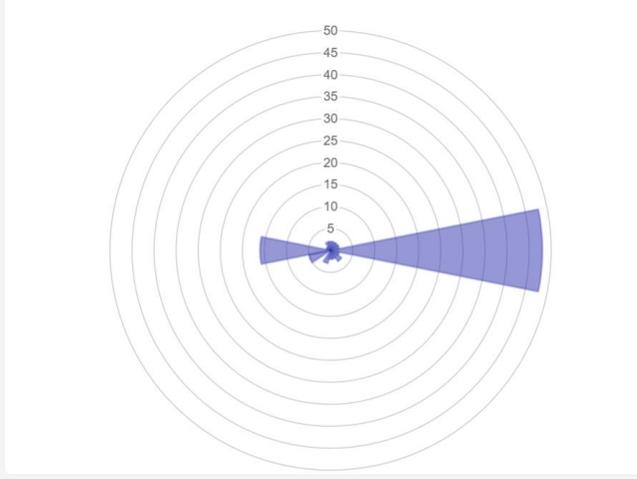
Fixation duration (msec.)



Saccade length (px)



Saccade directions



Geschwindigkeit längs einer Geraden



1. a) Mithilfe eines Maßbandes wird eine Ortsachse mit Ortswerten im Abstand von 10 m festgelegt. An jeder Marke steht ein Streckenposten mit Stoppuhr. Lea geht nun zügig und gleichmäßig im „fliegenden Start“ über die Nullmarke. In diesem Moment gibt der Starter das Signal und alle Stoppuhren werden gestartet. Sobald Lea eine Ortsmarke passiert, liest der Ortsposten die Zeit an seiner Stoppuhr ab und notiert sie. Zum Schluss werden alle Zeit- und Ortswerte in **11** übertragen.

b) Der Versuch wird in gleicher Weise wiederholt, diesmal geht Jan die 50-m-Bahn entlang. Er geht bewusst etwas langsamer als Lea, aber auch wieder möglichst gleichmäßig. Seine Messwerte findest du in **11**.

11 Messwerte zu **11**

| | | | | | | | |
|-----------|----------|---|-----|------|------|------|------|
| a) | t in s | 0 | 4,1 | 7,8 | 12,2 | 15,9 | 20,0 |
| | s in m | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| b) | t in s | 0 | 6,2 | 12,1 | 17,7 | 23,8 | 30,2 |
| | s in m | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |



11 Diagramm zu **11**; die t - s -Gerade zu Leas Lauf ist steiler als die zu Jans Lauf. Lea war schneller als Jan.

1. Bewegungsuntersuchung längs einer Ortsachse

Wir beschränken uns nun auf eine Bewegung längs einer geraden Ortsachse in einem Experiment **11**. Dazu geht zunächst Lea gleichmäßig auf einer 50-m-Bahn. Die präkalkulierten Messwerte **11** werden in ein Zeit-Ort-Diagramm (t - s -Diagramm) übertragen **11**. Es ergibt sich eine Ursprungsgerade. In einem zweiten Durchgang geht Jan etwas langsamer die 50-m-Bahn entlang, auch seine Zwischenzeiten werden notiert und in das gleiche t - s -Diagramm übertragen.

Es fällt auf, dass die Gerade zu Leas Messwerten steiler verläuft als die Gerade, die aus Jans Messwerten stammt. Unser Versuch zeigt jetzt deutlich, was schnell und langsam im Vergleich bedeutet:

- Schauen wir in die Tabelle **11** mit immer gleichen Differenzen der Ortswerte, so können wir ablesen: **Schneller** sein bedeutet, **gleiche Wege (Ortsdifferenzen) in kürzerem Zeitraum (Zeitdifferenz) zu durchlaufen**.
- Wir können aber auch in Diagramm **11** auf die Zeitachse mit gleichen Zeitdifferenzen schauen. Dann fällt auf: **Schneller** sein bedeutet, **im gleichen Zeitraum den größeren Weg zurückzulegen**.

2. Die gleichförmige Bewegung

Die Auswertungen zu Leas und Jans Bewegungen haben etwas gemeinsam:

- Das t - s -Diagramm der Bewegung ist eine Gerade.
- Für jede hier untersuchte Bewegung gilt: In gleichen Zeiträumen werden gleiche Wege zurückgelegt.
- Je schneller die Bewegung, desto steiler ist die Gerade.

Geschwindigkeit längs einer Geraden



1. a) Mithilfe eines Maßbandes wird eine Ortsachse mit Ortswerten im Abstand von 10 m festgelegt. An jeder Marke steht ein Streckenposten mit Stoppuhr. Lea geht nun zügig und gleichmäßig im „fliegenden Start“ über die Nullmarke. In diesem Moment gibt der Starter das Signal und alle Stoppuhren werden gestartet. Sobald Lea eine Ortsmarke passiert, liest der Ortsposten die Zeit an seiner Stoppuhr ab und notiert sie. Zum Schluss werden alle Zeit- und Ortswerte in **11** übertragen.

b) Der Versuch wird in gleicher Weise wiederholt, diesmal geht Jan die 50-m-Bahn entlang. Er geht bewusst etwas langsamer als Lea, aber auch wieder möglichst gleichmäßig. Seine Messwerte findest du in **11**.

11 Messwerte zu **11**

| | | | | | | | |
|-----------|----------|---|-----|------|------|------|------|
| a) | t in s | 0 | 4,1 | 7,8 | 12,2 | 15,9 | 20,0 |
| | s in m | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |
| b) | t in s | 0 | 6,2 | 12,1 | 17,7 | 23,8 | 30,2 |
| | s in m | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 |



11 Diagramm zu **11**; die t - s -Gerade zu Leas Lauf ist steiler als die zu Jans Lauf. Lea war schneller als Jan.

1. Bewegungsuntersuchung längs einer Ortsachse

Wir beschränken uns nun auf eine Bewegung längs einer geraden Ortsachse in einem Experiment **11**. Dazu geht zunächst Lea gleichmäßig auf einer 50-m-Bahn. Die präkalkulierten Messwerte **11** werden in ein Zeit-Ort-Diagramm (t - s -Diagramm) übertragen **11**. Es ergibt sich eine Ursprungsgerade. In einem zweiten Durchgang geht Jan etwas langsamer die 50-m-Bahn entlang, auch seine Zwischenzeiten werden notiert und in das gleiche t - s -Diagramm übertragen.

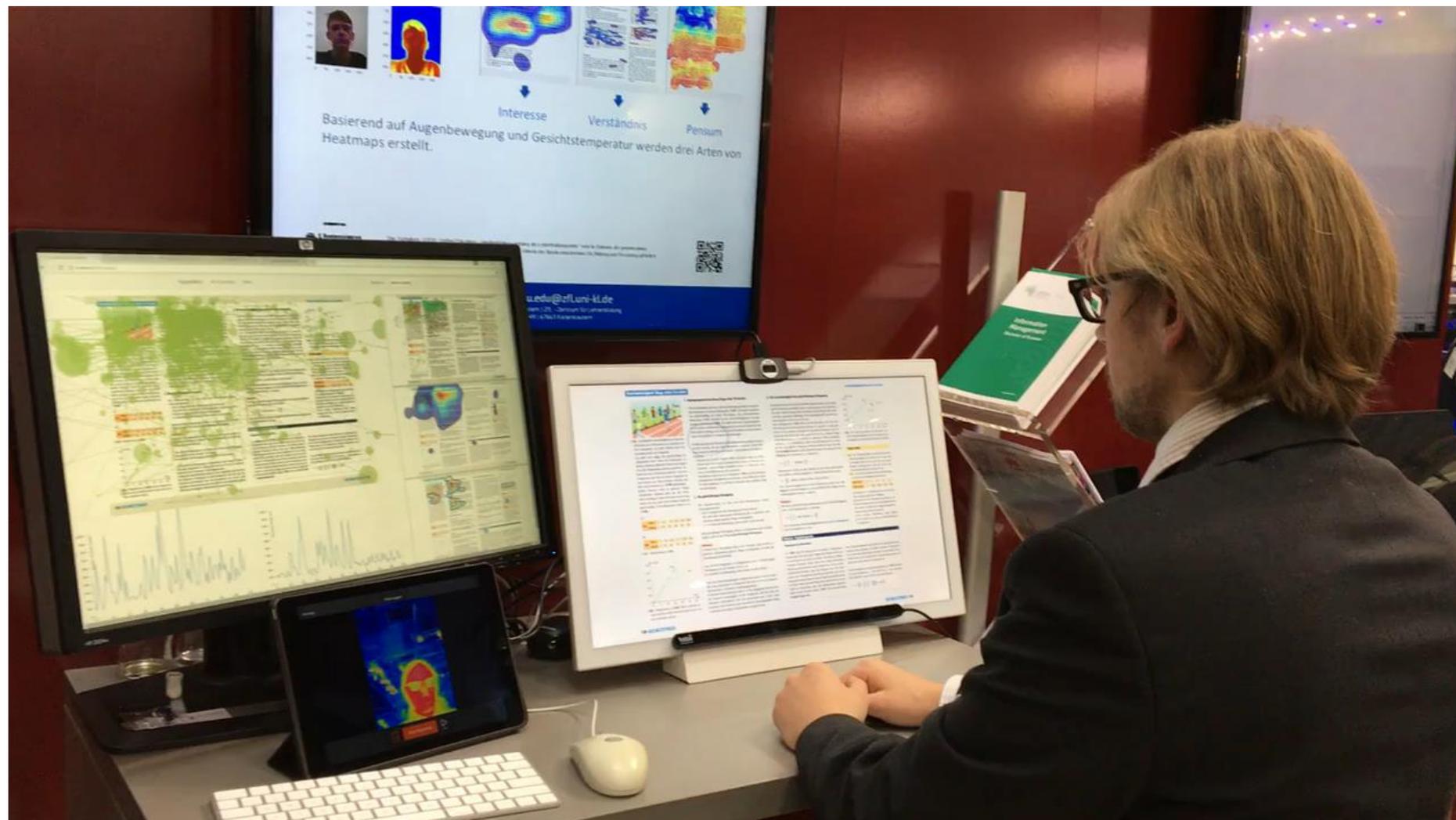
Es fällt auf, dass die Gerade zu Leas Messwerten steiler verläuft als die Gerade, die aus Jans Messwerten stammt. Unser Versuch zeigt jetzt deutlich, was schnell und langsam im Vergleich bedeutet:

- Schauen wir in die Tabelle **11** mit immer gleichen Differenzen der Ortswerte, so können wir ablesen: **Schneller** sein bedeutet, **gleiche Wege (Ortsdifferenzen) in kürzerem Zeitraum (Zeitdifferenz) zu durchlaufen**.
- Wir können aber auch in Diagramm **11** auf die Zeitachse mit gleichen Zeitdifferenzen schauen. Dann fällt auf: **Schneller** sein bedeutet, **im gleichen Zeitraum den größeren Weg zurückzulegen**.

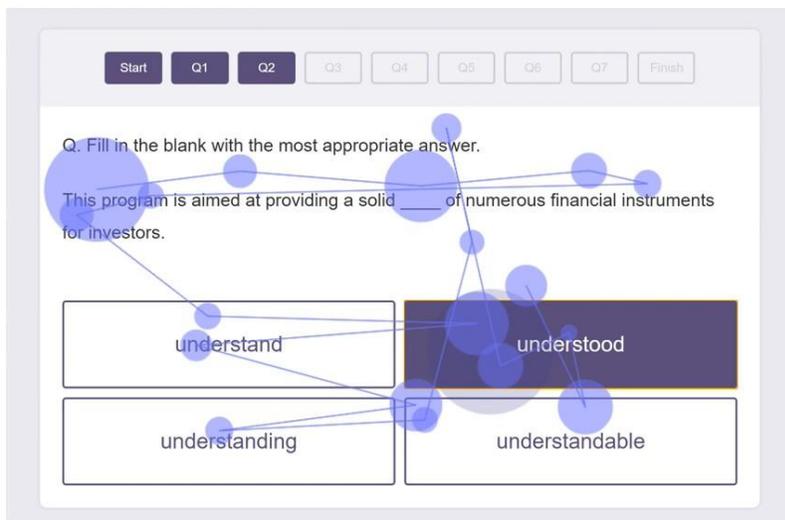
2. Die gleichförmige Bewegung

Die Auswertungen zu Leas und Jans Bewegungen haben etwas gemeinsam:

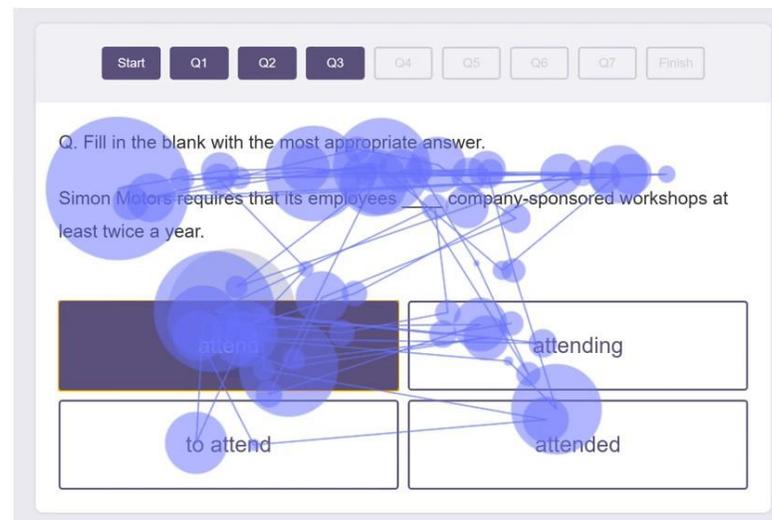
- Das t - s -Diagramm der Bewegung ist eine Gerade.
- Für jede hier untersuchte Bewegung gilt: In gleichen Zeiträumen werden gleiche Wege zurückgelegt.
- Je schneller die Bewegung, desto steiler ist die Gerade.



- Selbstvertrauen basierend auf Sensordaten
- Weißt auf falsche Antworten bei hohem Selbstvertrauen hin



Falsche Antwort, hohes Selbstvertrauen



Falsche Antwort, niedriges Selbstvertrauen

問題を読んでいる時間や選択肢間の視線移動を特徴に機械学習によって確信度を推定しています。
(利用者依存の学習で90%, 利用者非依存で81%の精度)

Q3 **【Falsche Antwort】**

Erklärung

Feedback

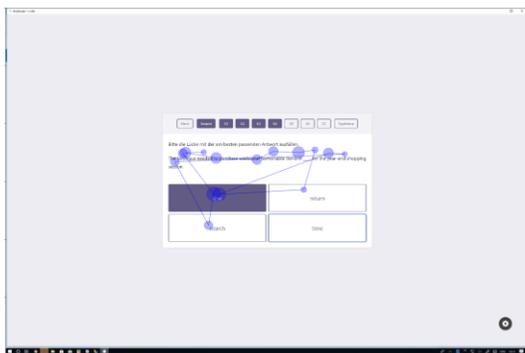
Q4 **【Falsche Antwort】** Falsche Antwort bei hohem Selbstvertrauen

Erklärung

Feedback

The boutique needed to purchase additional fashionable items in ___ for the year-end shopping season.

1. line **Deine Antwort**
2. return
3. search
4. time **Richtige Antwort**



Q5 **【Richtige Antwort】** Richtige Antwort bei geringem Selbstvertrauen

Erklärung

Feedback

Mögliche Ergebnisse:

1. Falsch, geringe Sicherheit → ok



2. Richtig, hohe Sicherheit → perfekt



3. Richtig, geringe Sicherheit → ok, vielleicht nur geraten

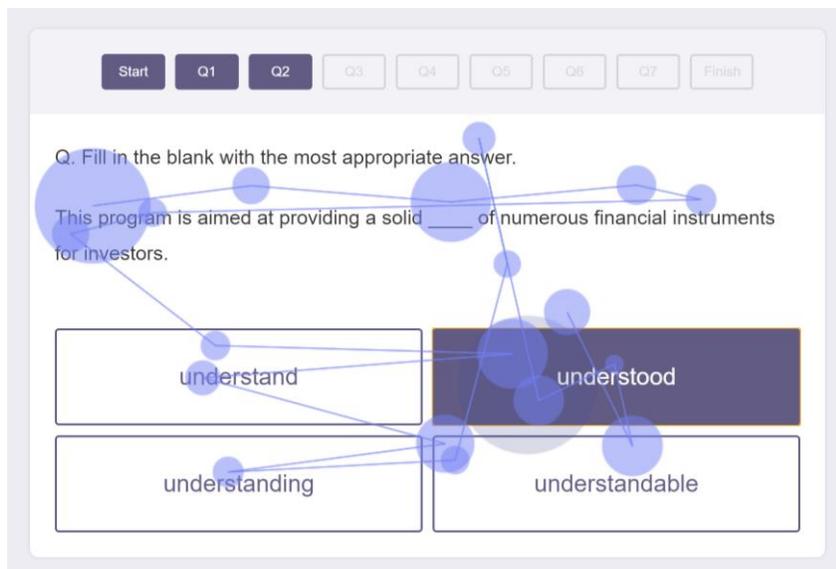


4. Falsch, hohe Sicherheit → schlecht



- Ermöglicht Handschrifterkennung und -verarbeitung





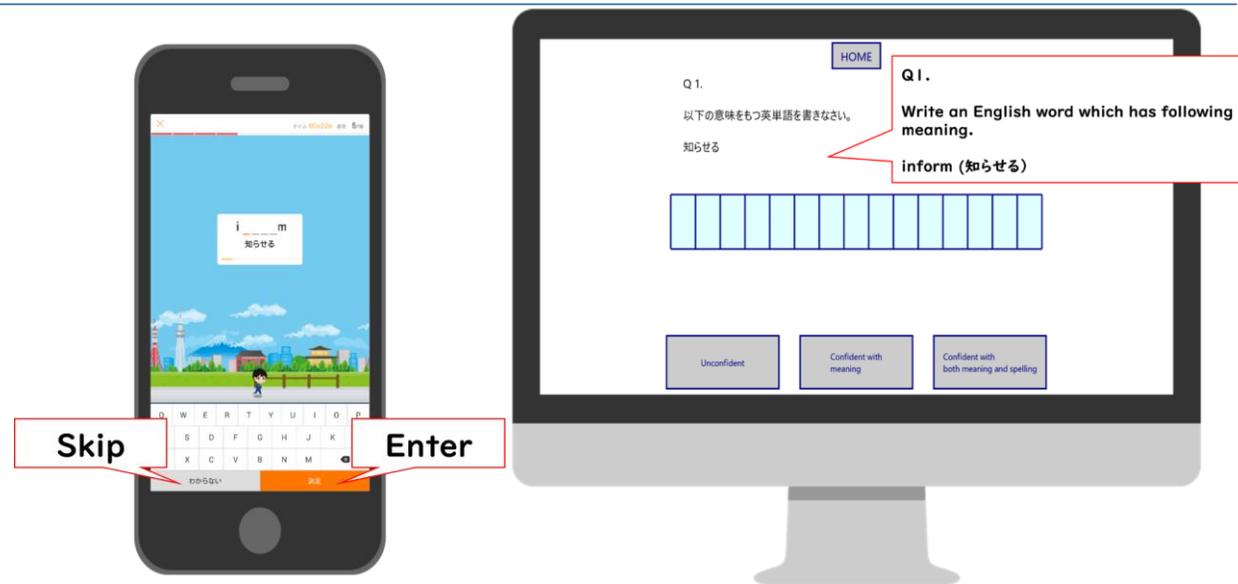
Multiple-Choice-Fragen

Performance
(Personen-abhängig)

Blickdaten: 90%

Effektive
Features

Antwortzeit (-)
Fixationen auf den Antworten (-)

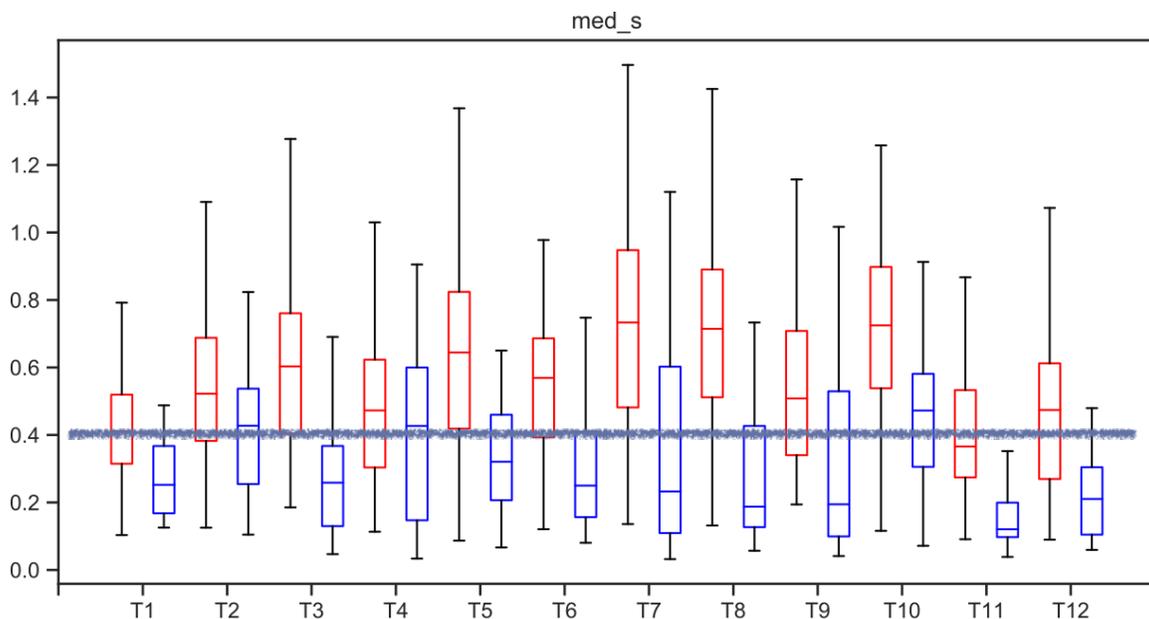


Schreib-Test

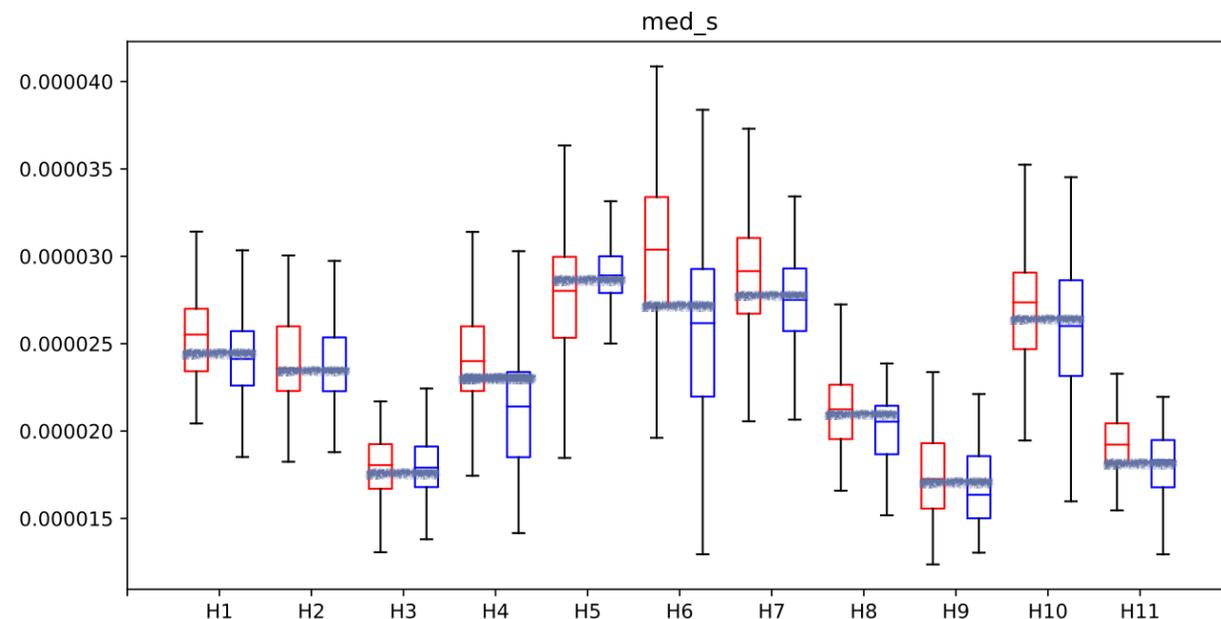
Tippen: 87%, Handschrift: 80%

Geschwindigkeit von Strichen (+)
Zeit zwischen Strichen (-)

Median-Geschwindigkeit „einmal Tippen“/eines Strichs (rot: hohes Selbstv., blau: niedriges S.)



Tippen



Handschrift

- Selbstvertrauen beim Tippen anhand eines Features (Tippgeschwindigkeit) vorhersagbar
- Handschrift viel individueller, einzelne Features reichen nicht für hinreichende Vorhersage

- Verschiedenste Sensoren erfassen den kognitiven Zustand von SuS
- Basierend auf Sensordaten werden individuelle Lernhilfen gegeben

