

# Modellierung von Blickbewegungen bei der Beurteilung der Divergenz von Vektorfeldern

Niklas Weiß, Yvonne Kretzer, Larissa Hahn, Pascal Klein und Stefan Klumpp

Universität Göttingen, Institut für Dynamik komplexer Systeme;

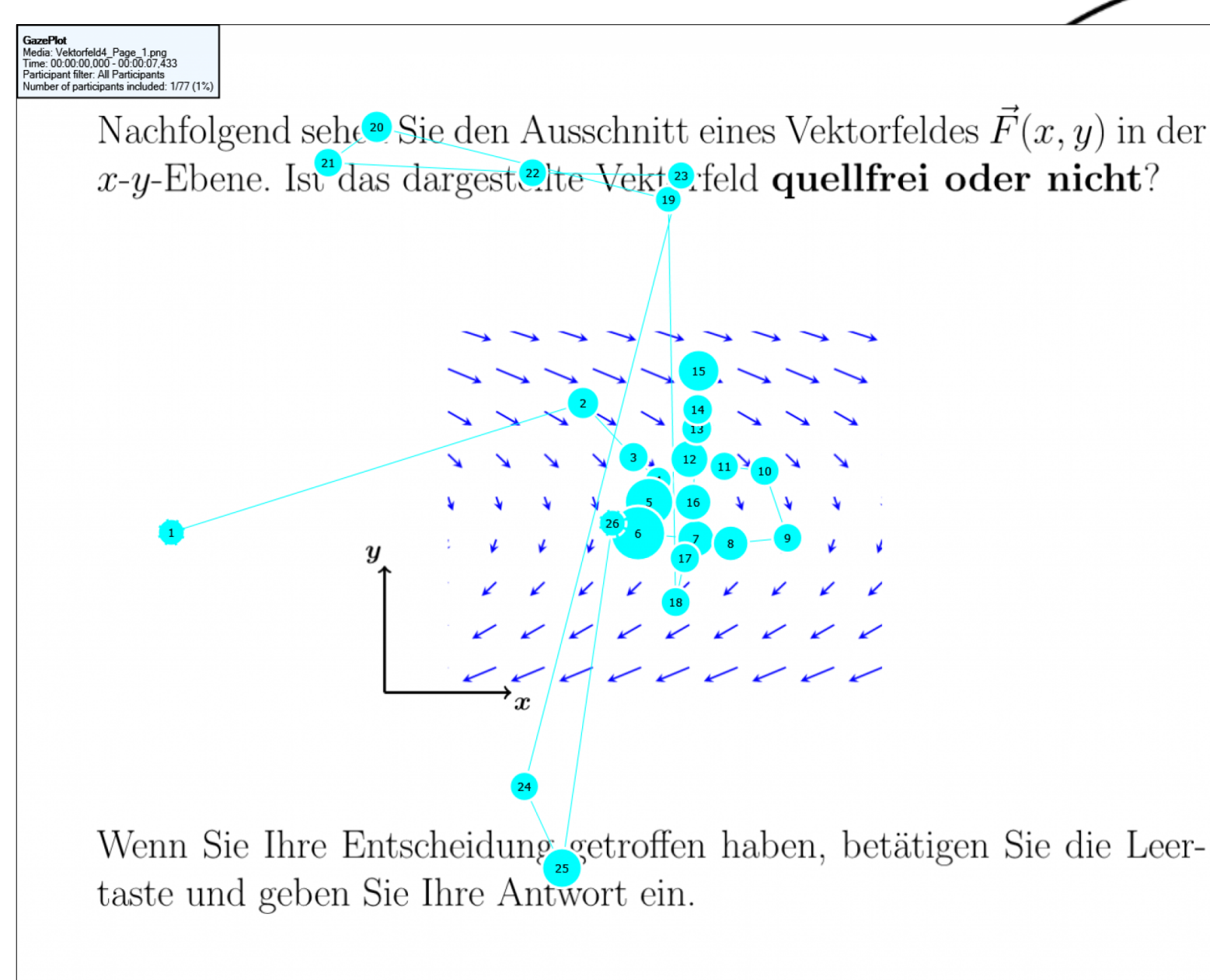
E-Mail: niklas.weiss@stud.uni-goettingen.de

## Übersetzung von Eye-Tracking Daten in Symbolische Dynamik und Simulation durch Markov-Chain

### Experiment:

- 141 Physik-Studienanfänger:innen
- Erschließen Lerntext über Strategie der Vektordekomposition und des Vergleiches benachbarter Vektorpfeile
- Beurteilen die Divergenz von 8 Vektorfeldern
- Dabei werden die Blickbewegungen aufgenommen

### Beispiel eines Gaze-Plots:



Darstellung der Sakkaden als symbolische Dynamik abhängig von der Richtung:

- „h“ horizontal
- „v“ vertikal
- „o“ andere (other)
- „p“ außerhalb Vektorfeldes

Im Beispiel: poooohhhhvvvvvv

Errechnen von Übergangswahrscheinlichkeit  
Simulation über Markov-Chain Algorithmus

### Forschungsfrage:

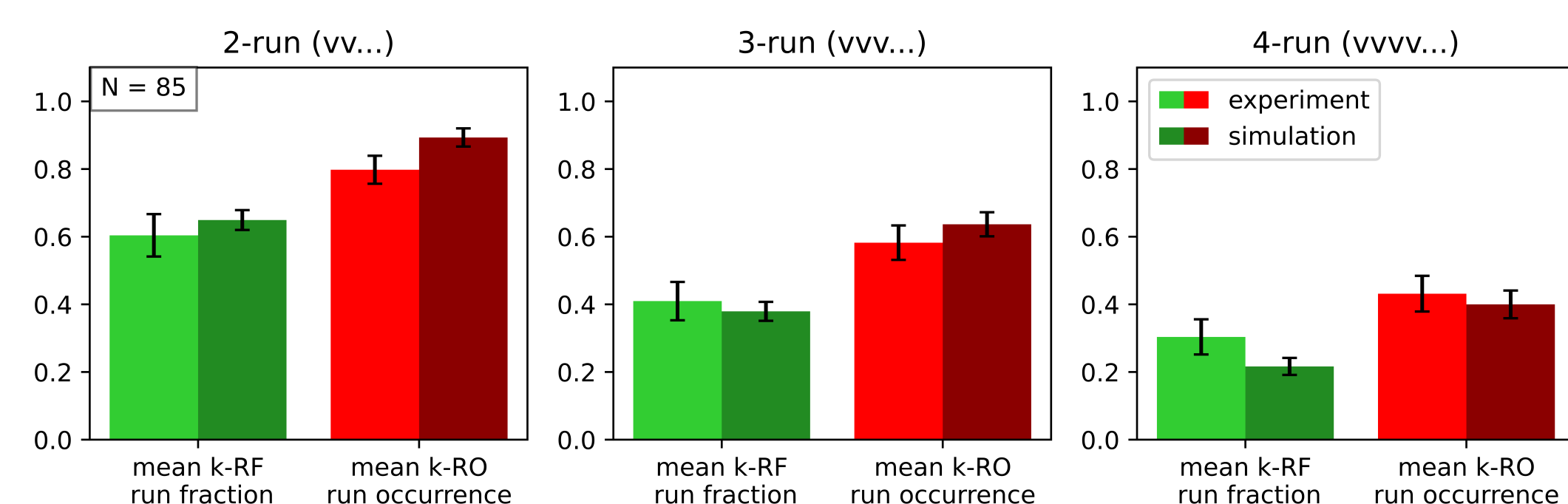
Sieht man anhand der Daten, ob Studierende die Strategie anwenden, benachbarte Vektorpfeile zu vergleichen? Verbessert diese Strategie die Beurteilung der Divergenz?

Siehe auch Klein et. al. 2021

## Ergebnisse

### Unterschied zwischen simulierten und experimentellen Daten für VF4

Zunächst Fokus aus VF4 (aus Beispiel) und vertikale Komponente

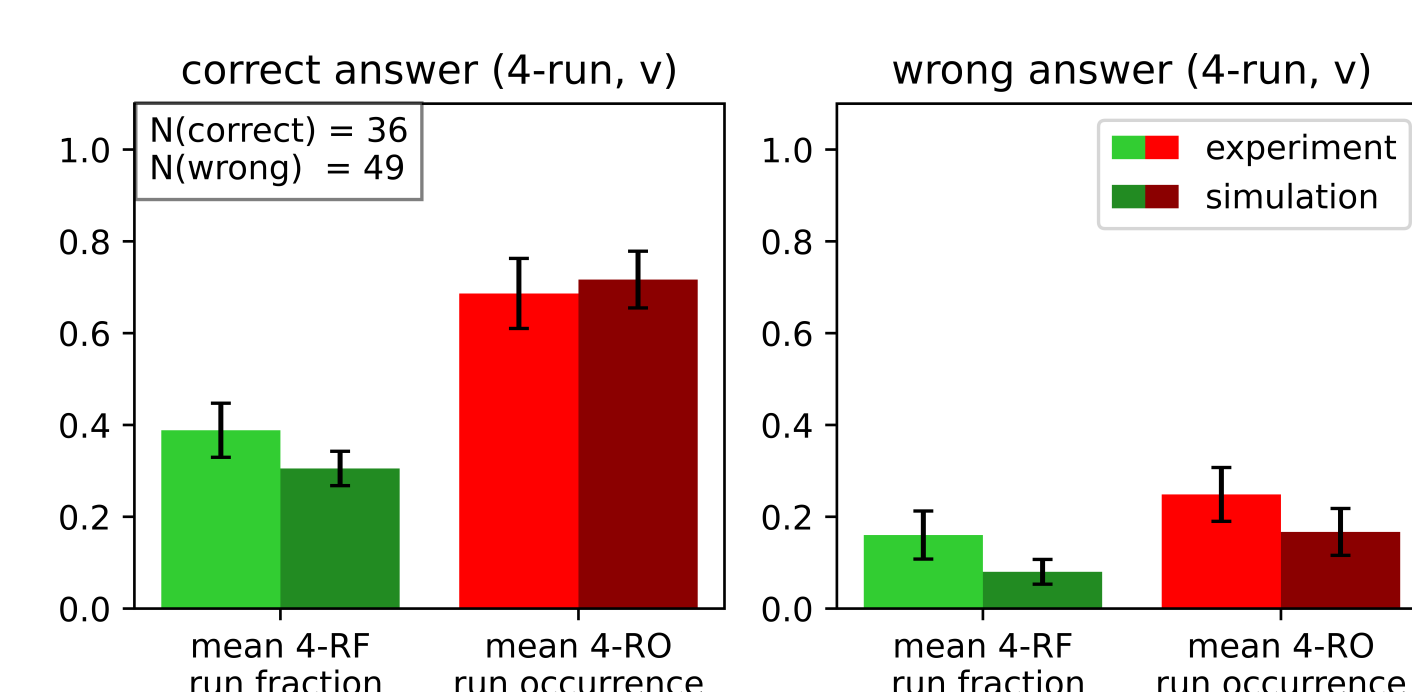


2-runs unterrepräsentiert im Experiment

4-runs überrepräsentiert im Experiment

→ Hinweis, dass Studierende Strategie bewusst anwenden

### Unterschied zwischen korrekter und inkorrekt Antwort für VF4<sup>1</sup>



Erhöhtes Aufkommen von 4-runs bei Studierenden mit korrekter Bewertung der Divergenz  
→ Indikator, dass Anwendung der Strategie korrekte Bewertung der Divergenz verbessert

### Unterschied korrekter und inkorrekt Antwort in alle Vektorfelder

|      | h/v Vektor-Komponenten | Unterschied 4-RF h <sup>2</sup> | Unterschied 4-RF v <sup>2</sup> |
|------|------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| VF 1 | Null/Variabel          | 0.135 (0.097)                   | 0.036 (0.097)                   |
| VF 2 | Null/Konstant          | -0.073 (0.117)                  | 0.071 (0.084)                   |
| VF 3 | Variabel/Null          | 0.126 (0.147)                   | 0.067 (0.041)                   |
| VF 4 | Konstant/Variabel      | 0.086 (0.081)                   | 0.244 (0.115)                   |
| VF 5 | Variabel/Konstant      | 0.102 (0.146)                   | 0.106 (0.083)                   |
| VF 6 | Null/Variabel          | 0.095 (0.096)                   | 0.207 (0.089)                   |
| VF 7 | Konstant/Null          | 0.013 (0.120)                   | 0.119 (0.101)                   |
| VF 8 | Variabel/Variabel      | 0.236 (0.099)                   | 0.133 (0.139)                   |

4-RF in allen VF bei korrekter Beurteilung höher

Unterschied bei komplexeren Vektorfeldern größer

<sup>1</sup>Hier 2 getrennte Simulation mit getrennten Transition Matrizen für korrekte/inkorrekte Antwort

## Literature

Pascal Klein, Larissa Hahn und Jochen Kühn. Einfluss visueller Hilfen und räumlicher Fähigkeiten auf die graphische Interpretation von Vektorfeldern: Eine Eye-Tracking-Untersuchung. Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften, 27(1):181–201, Dec 2021.  
Larissa Hahn, Stefan Halverscheid, Jochen Kühn und Pascal Klein. Wechsel zwischen Diagramm und Formel im Kontext von Vektorfeldern – Einfluss der Aufgabenkomplexität auf Indikatoren visueller Aufmerksamkeit, Seite 193–208. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2022.

## Definition der Metriken

Analyse von “k-runs”, Reihe von gleichen Sakkaden

- k-Run Occurrence (k-RO): Auftreten eines runs mit Länge  $\geq k$   
Wert ist entweder “1” oder “0”.
- k-Run Fraction (k-RF): Prozentsatz der Buchstaben, welche Teil eines runs mit Länge größer gleich “k” sind

Beispiel bei gleichen Übergangswahrscheinlichkeiten für „v“:

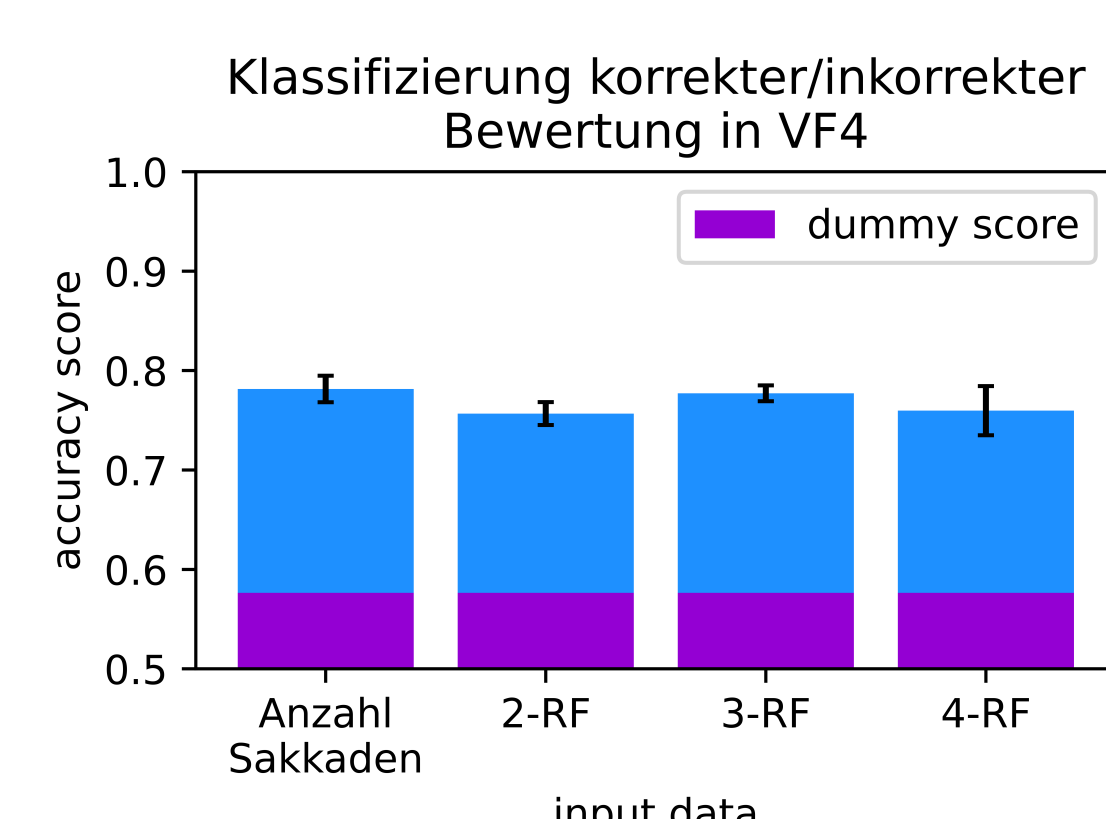
| symp. Dynamik | 2-RO | 2-RF | 4-RO | 4-RF |
|---------------|------|------|------|------|
| vvovvvv       | 1    | 6/6  | 0    | 0    |
| vovvvvv       | 1    | 4/6  | 1    | 4/6  |

Da in der Simulation die nächste Sakkade nur von vorheriger Sakkade abhängig ist, können durch den Vergleich der Simulation/Experiment Über-/Unterrepräsentation von runs analysiert werden.

## Machine Learning

Kann aus den verschiedenen Metriken vorhergesagt werden, ob die Beurteilung der Divergenz korrekt ist?

Testen über Support Vector Machine-Klassifikator<sup>3</sup> mit den verschiedenen Metriken als Input-Daten. Klassifiziert wird die korrekte/inkorrekte Bewertung der Divergenz.



Dummy score bei 0.576

→ Anteil aller inkorrekten Antworten

Alle Metriken erreichen ähnliche Accuracy, etwa 50% genauer als der dummy score.

<sup>3</sup>SVM mit Hyperparameter Optimierung und Cross-Validation