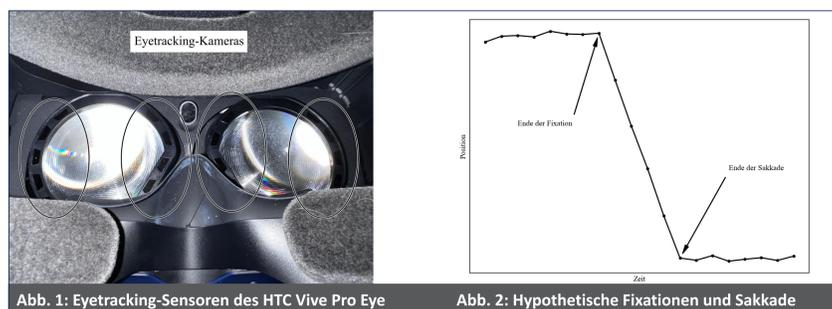


# Möglichkeiten der Erfassung und Analyse von Eyetracking-Daten in immersiven Geo-Umgebungen

## Problemstellung

Virtual Reality (VR) hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht und ist aus vielen Disziplinen nicht mehr wegzudenken. Auch in der Geoinformation bietet VR neue Möglichkeiten, insbesondere für die Geovisualisierung. Durch VR können Geodaten immersiv dargestellt werden, was das räumliche Verständnis verbessert. Eine Methode zur objektiven Messung der Nutzererfahrung ist Eyetracking, das Blickbewegungen erfasst und analysiert. Allerdings gibt es in der Forschung eine Lücke: Studien, die VR, Eyetracking und Geovisualisierung kombinieren, sind selten. Diese Arbeit soll dazu beitragen, diese Forschungslücke zu schließen.

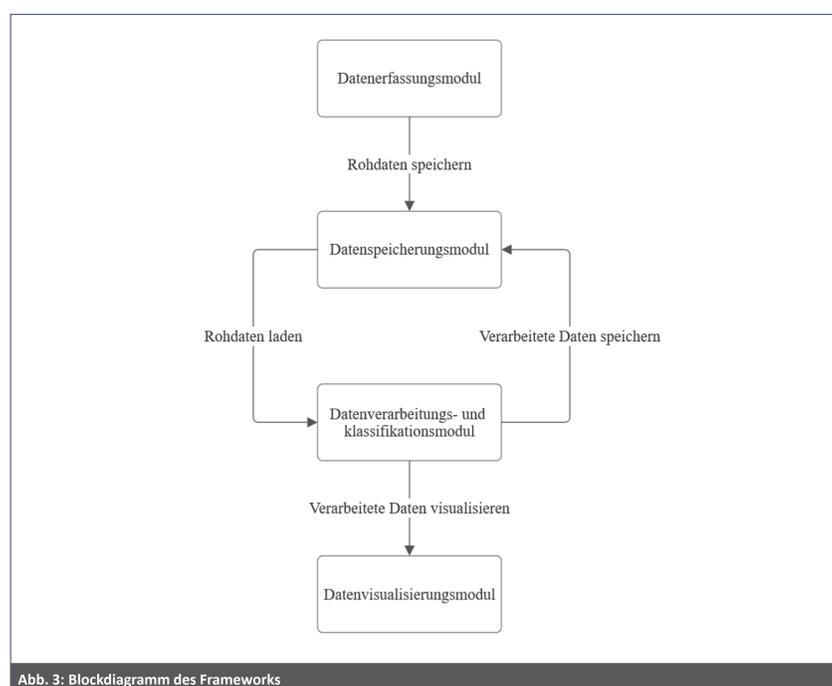


## Virtual Reality

VR unterscheidet sich von herkömmlicher Computergrafik, da keine Abstraktion der Dreidimensionalität auf eine zweidimensionale Fläche erfolgt. Nutzer:innen erleben eine immersive Umgebung, in die sie durch Head-Mounted Displays (HMDs) eintauchen. Die Hauptfaktoren für VR-Erfahrungen sind **Präsenz** und **Immersion**: Während Immersion beschreibt, wie intensiv die Sinne durch die virtuelle Umgebung stimuliert werden, bezieht sich Präsenz auf das subjektive Gefühl, sich tatsächlich in dieser Umgebung zu befinden. Höhere Bildwiederholraten, ein breites Sichtfeld und eine realistische Interaktion tragen maßgeblich zur Qualität der Erfahrung bei.

## Eyetracking

Eyetracking erfasst Blickbewegungen, die verschiedene kognitive Prozesse widerspiegeln. Die wichtigsten Bewegungen sind **Fixationen**, bei denen der Blick auf einem Objekt ruht, und **Sakkaden**, schnelle Sprünge zwischen Fixationen (siehe Abb. 2). Diese Bewegungen werden meist durch **Infrarotkameras** erfasst, die in VR-Headsets integriert sind (siehe Abb. 1). Durch die Analyse von Fixationsdauer und -häufigkeit lassen sich Rückschlüsse auf Aufmerksamkeit und kognitive Belastung ziehen.

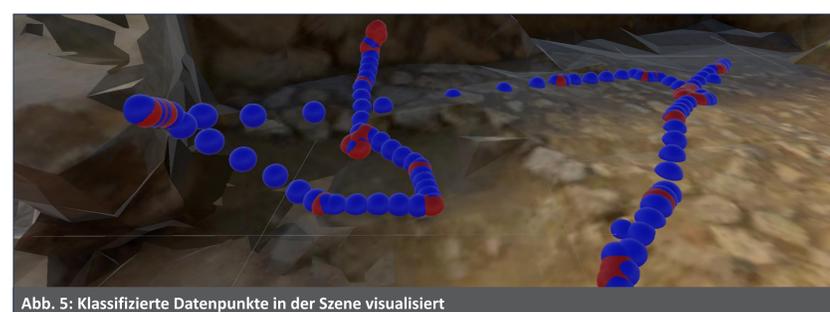


## Stand der Forschung

Eyetracking wird in VR z.B. für Foveated Rendering genutzt, wodurch Rechenleistung gespart wird. Es ermöglicht auch neue Interaktionen, etwa durch Blicksteuerung oder virtuelle Fortbewegung. In der Geovisualisierung erleichtert VR das Verständnis komplexer Daten. Eyetracking hilft dabei, kartografische Designprinzipien zu analysieren und Darstellungsformen zu optimieren. Dennoch gibt es bisher nur wenige Arbeiten, die beide Technologien gezielt in der Geoinformation kombinieren. Ein besseres Verständnis ihrer Wechselwirkungen könnte die Entwicklung neuer Visualisierungs- und Analysemethoden vorantreiben.

## Framework

Das entwickelte Framework soll die Arbeit mit Eyetracking-Daten automatisieren und aus drei Modulen bestehen (siehe Abb. 3): **Datenerfassung**, **Datenverarbeitung** und **Visualisierung**. Als Hardware wurde das HTC Vive Pro Eye (siehe Abb. 4) genutzt. Die Software basiert auf Unity und OpenXR, wodurch eine hardwareunspezifische Nutzung möglich ist. Die Blickdaten werden als CSV-Datei gespeichert. Fixationspunkte werden durch den Schnittpunkt des Blickvektors mit Collidern bestimmt. Zwei Klassifikationsmethoden stehen zur Verfügung. Die Datenvisualisierung erfolgt direkt in der VR-Umgebung (siehe Abb. 5).



## Diskussion & Fazit

Das Framework ist plattformunabhängig, modular und einfach in Unity-Projekte integrierbar. Es automatisiert grundlegende Prozesse und bietet flexible Klassifikationsmethoden. Schwächen sind die variable Abtastrate, Herausforderungen bei der Blickpunktbestimmung und die Speicherung nur im CSV-Format. Die Visualisierungsmöglichkeiten sind noch begrenzt. Insgesamt bietet das entwickelte Framework eine solide Grundlage für weitere Studien, auch wenn Optimierungspotenzial besteht. Eine empirische Validierung könnte die Praxistauglichkeit verbessern. Die Arbeit trägt dazu bei, die Forschungslücke zwischen VR, Eyetracking und Geovisualisierung zu schließen.

