

# World Usability Day Munich 2023

## Usability Engineering & Eye-Tracking

Fabian Engl

Florian Hauser

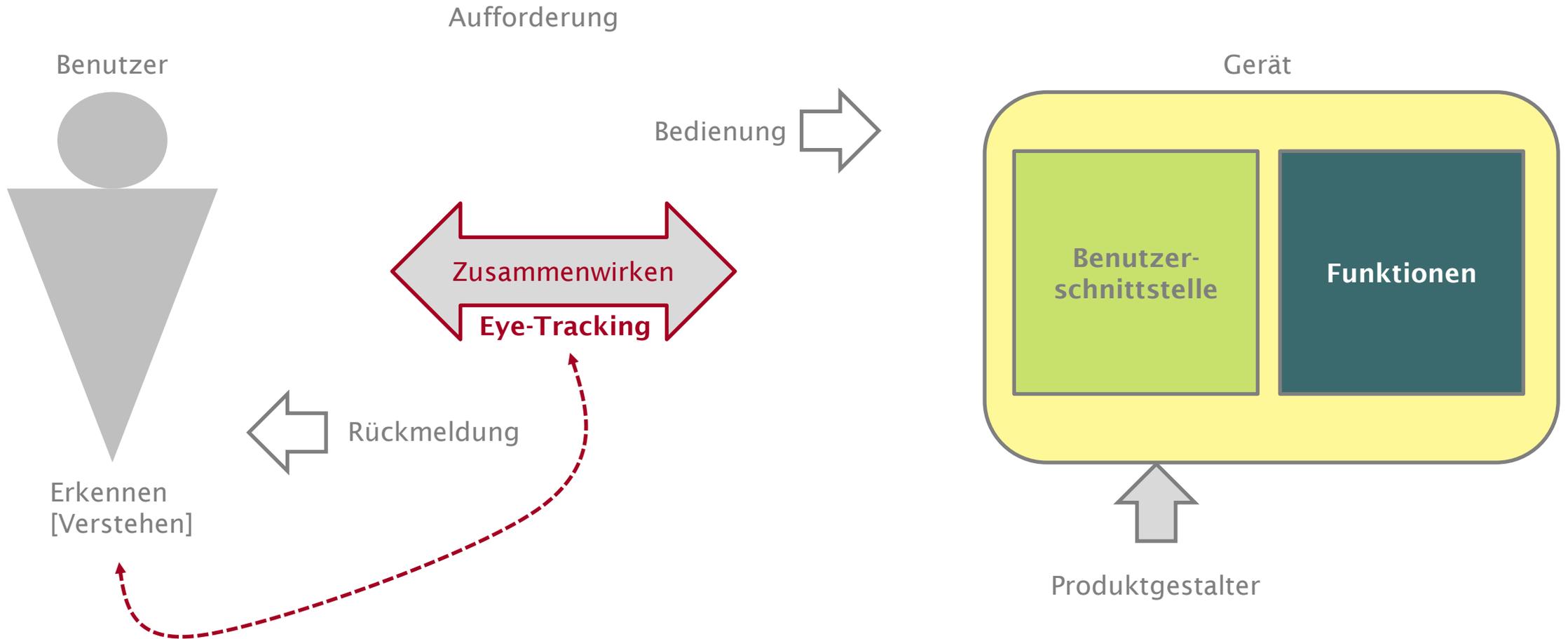
Forschungsprofessor Prof. Dr. Jürgen Mottok

{fabian.engl, florian.hauser, jurgen.mottok}@othr.de

Revision: 31.10.2023

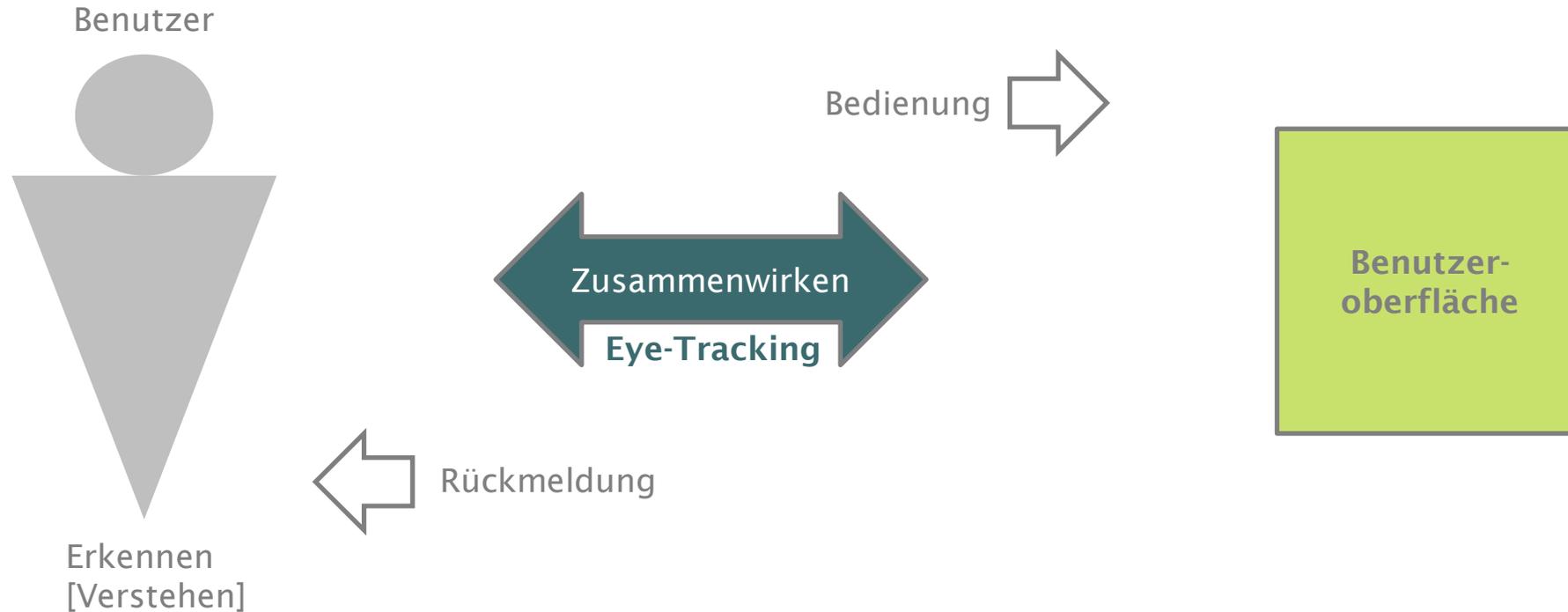


# Struktur des Mensch-Maschine-Zusammenwirkens



DIN 40020:2003: Richtlinien für die Benutzerschnittstelle in Multimediageräten für den Allgemeingebrauch (IEC/TR 61997:2001)

# Struktur des Mensch-Maschine-Zusammenwirkens



## Was können wir mit Eye Tracking herausfinden?

- Wahrnehmung/Übersehen von Elementen (einer Website)
- Ablenkungen von den wichtigen Bereichen
- Lesen und Überfliegen von Texten
- Intensität/Länge der Betrachtung von Menü, Navigation, Werbebanner
- Reihenfolge der Wahrnehmung der Elemente der Benutzeroberfläche
- Aufwendige Suche wichtiger Elemente (einer Website)

# Moderne Eye-Tracker und ihre Eigenschaften

## ➤ Moderne Eye-Tracker

- Moderne Eye-Tracker stellen eine Kombination aus aufeinander abgestimmter Hard- und Software dar.
- Aufzeichnung erfolgt kontinuierlich durch Highspeed-Kameras, professionelle Geräte können Aufnahmefrequenzen von 2.000Hz erreichen (Lemahieu & Wynn, 2010).
- Moderne Geräte erkennen im Laborbetrieb Abweichungen von weniger als 1mm (Duchowski, 2017; Holmqvist & Anderson, 2017)
- Datenerhebungen sind nicht invasiv und Geräte sind leicht und komfortabel zu handhaben
- Finden Einsatz in vielen verschiedenen Bereichen

## ➤ Gerätetypen

### Remote Eye-Tracker



Tobii Pro  
Spectrum



Tobii Pro  
Fusion

### Head-mounted Eye-Tracker



Tobii Pro  
Glasses 3



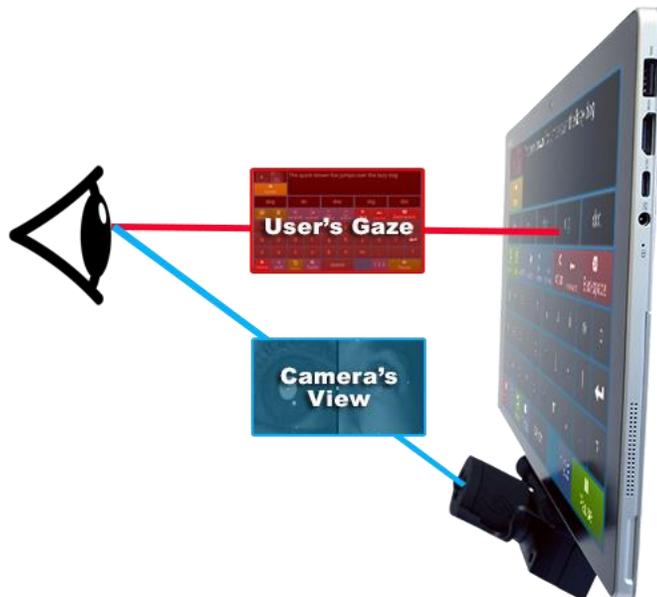
HTC Vive mit Tobii Eye-  
Tracking-Integration

<https://www.tobii.com/product-listing/>

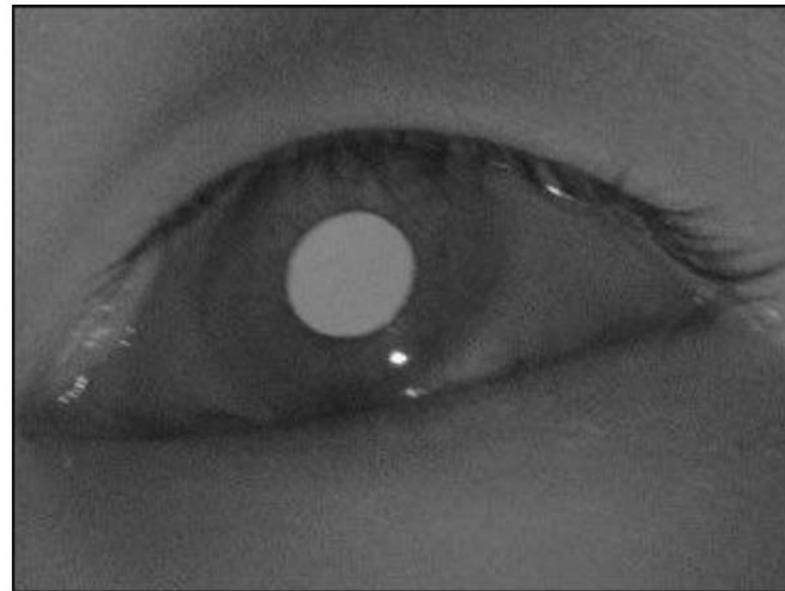
# Pupil/Corneal Reflection

## ➤ Funktionsweise eines modernen remote Eye-Trackers

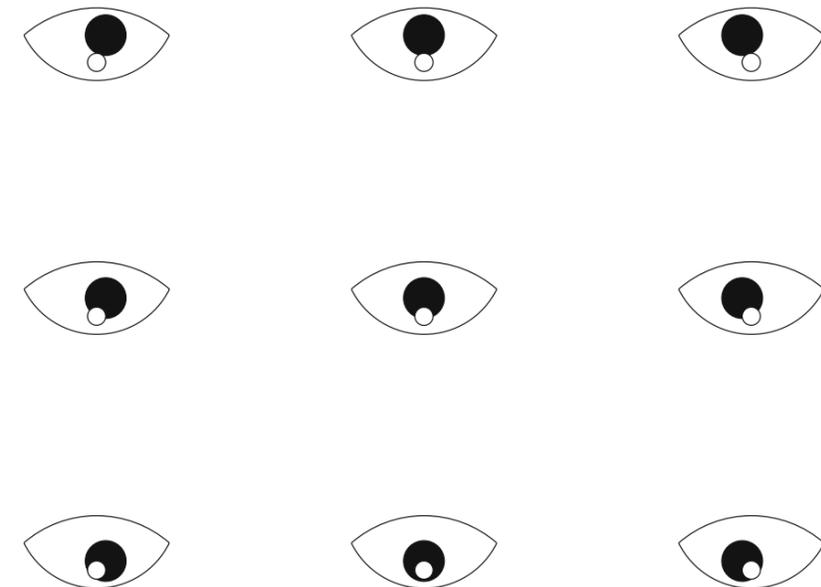
- Augen werden mit einer (oder mehreren) Infrarotlichtquelle beleuchtet
- Auf den Augen der Versuchsperson entstehen Spiegelungen
- Die Pupille und die auftretenden Spiegelungen (corneal reflection) stellen Fixpunkte dar und werden von den Infrarotkameras des Eye-Tracker erfasst
- Die Experimentalsoftware berechnet auf Basis der Bewegungen und der relativen Blickwinkel die betrachteten Koordinaten (Duchowski, 2007; Holmqvist et al., 2011; Sharafi et al., 2020).



Schematische Darstellung der Funktionsweise eines Eye-Trackers  
<https://eyegaze.com/products/eyegaze-edge/>



Bright Pupil bei Smith & Graham (2006)



Mögliche Positionen der Spiegelungen (Duchowski, 2017, S.56)

# Tobii Pro Spectrum

tobii pro

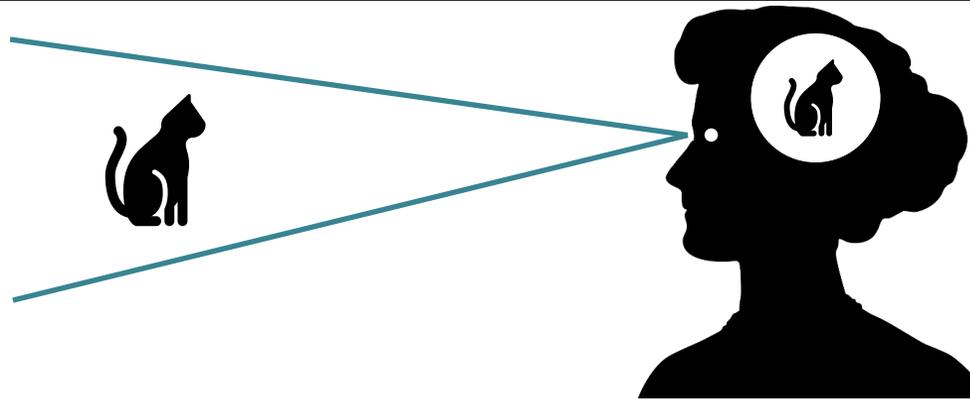


- Monitorbasierter Eyetracker, der Blickdaten mit Geschwindigkeiten von bis zu 1200 Hz erfasst.
- Dieses leistungsstarke Forschungssystem bietet ausgezeichnete Datenqualität und eignet sich perfekt für Projekte im Bereich der Verhaltensforschung oder zur Erforschung von Augenbewegungen.
- Für fixierungsbasierte Studien genauso geeignet wie für Studien mit Mikro-Sakkaden.



Tobii: Tobii Pro Spectrum, <https://www.tobii.com/de/produkte/tobii-pro-spectrum/>

# Warum Eye-Tracking?



## Eye-Mind Hypothese

- Fixation und Verarbeitung im Gehirn (Aufmerksamkeit) sind eng miteinander verbunden.
- In der Leseforschung bestätigt, wird aber in anderen Bereichen kontrovers diskutiert.

- **Bottom-Up Aufmerksamkeit:**  
Aufmerksamkeit wird von bestimmten Stimuli geweckt.
- **Top-Down Aufmerksamkeit:**  
Unsere Interessen lenken unsere Aufmerksamkeit (Task-Abhängigkeit).



Orquin, J.L., Holmqvist, K.: Threats to the validity of eye-movement research in psychology. *BehavRes*50, 1645–1656 (2018). <https://doi.org/10.3758/s13428-017-0998-z>

- Allgemeine Ziele für die Gestaltung von nützlichen und gebrauchstauglichen Dialogen.

### Aufgabenangemessenheit Dialogprinzip

- Die Eigenschaft eines interaktiven Systems, den Benutzer zu unterstützen, seine Aufgabe zu erledigen, d.h. die Funktionalität und den Dialog an die charakteristischen Eigenschaften der Aufgabe anzupassen, anstatt an die zur Aufgabenerledigung eingesetzten Technologie.

### Selbstbeschreibungsfähigkeit Dialogprinzip

- Die Eigenschaft eines Dialogs zu jeder Zeit dem Benutzer offensichtlich zu machen, in welchem Dialog und an welcher Stelle im Dialog er sich befindet, welche Handlungen unternommen werden können und wie diese ausgeführt werden können.

### Erwartungskonformität Dialogprinzip

- Übereinstimmung mit den aus dem Nutzungskontext heraus vorhersehbaren Benutzerbelangen sowie allgemein anerkannten Konventionen.

### Individualisierbarkeit Dialogprinzip

- Die Eigenschaft eines Dialogs, die Benutzern ermöglicht, die Interaktionen mit dem System und die Darstellung von Informationen an ihre individuellen Fähigkeiten und Bedürfnisse anpassen zu können.

DIN EN ISO 9241-110:2010: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Grundsätze der Dialoggestaltung.

Thomas Geis, Guido Tesch: Basiswissen Usability und User Experience, dpunkt.verlag, 2019.



Wikipedia: Graphical Widget, [https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical\\_widget](https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_widget).

- Allgemeine Ziele für die Gestaltung von nützlichen und gebrauchstauglichen Dialogen.

### Lernförderlichkeit Dialogprinzip

- Die Eigenschaft eines Dialogs, die Benutzer beim Erlernen der Benutzung des interaktiven Systems zu unterstützen und anzuleiten.

### Steuerbarkeit Dialogprinzip

- Der Benutzer ist in der Lage, einen Dialogablauf zu starten sowie seine Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen, bis das Ziel erreicht ist.

### Fehlertoleranz Dialogprinzip

- Die Eigenschaft eines Dialogs, das beabsichtigte Arbeitsergebnis trotz erkennbarer fehlerhafter Eingaben entweder mit kleinem oder mit minimalem Korrekturaufwand seitens des Benutzers zu erreichen.

#### Fehlervermeidung

„Wo immer möglich, lass den Benutzer Auswahlen treffen, statt händische Eingaben machen zu lassen.“

#### Fehlertoleranz

„Wo immer möglich, lass das interaktive System gemachte Benutzungsfehler automatisch korrigieren.“

#### Fehlermanagement

„Wenn Benutzungsfehler gemacht wurden, zeige dem Benutzer klar an, wo der Fehler ist und was genau zu tun ist, um den Benutzungsfehler vollständig zu beheben.“

DIN EN ISO 9241-110:2010: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Grundsätze der Dialoggestaltung.  
Thomas Geis, Guido Tesch: Basiswissen Usability und User Experience, dpunkt.verlag, 2019.  
Wikipedia: Graphical Widget, [https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical\\_widget](https://en.wikipedia.org/wiki/Graphical_widget).

# Benutzeroberfläche

## Beispiel: Elster Online (Finanzamt): Kontoerstellung

**ELSTER** Ihr Online-Finanzamt

Hilfe ?

Suchen



### Kontoerstellung

#### So geht's am Beispiel "Zertifikatsdatei"

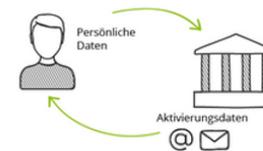
Für fast alle Nutzer ist die Zertifikatsdatei die beste Wahl. Für Unternehmer und Steuerberater stehen noch andere Login-Optionen zur Verfügung.

#### 1. Login-Optionen



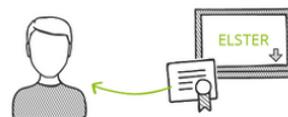
Sie entscheiden sich für das Login mit einer Zertifikatsdatei.

#### 2. Registrierung



Das Finanzamt stellt Ihnen **Aktivierungsdaten** per E-Mail und per Post zu.

#### 3. Zertifikat herunterladen



Sie geben Ihre Aktivierungsdaten ein und erhalten Ihre Zertifikatsdatei als **Download**.

#### 4. Login



Jetzt können Sie sich mit Ihrer Zertifikatsdatei einloggen.

Weiter



<https://de.wikipedia.org/wiki/Eye-Tracking>

**ELSTER** Ihr Online-Finanzamt

Hilfe ?

Suchen



### Gazeplot (alternativ Scanpath)

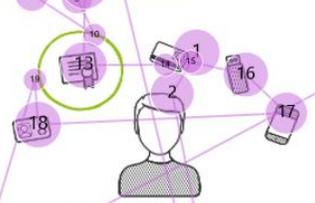
**Gazeplot** (alternativ Scanpath): Ein Gazeplot visualisiert die Reihenfolge und Dauer von Fixationen von einzelnen Personen. Die Reihenfolge wird dabei durch eine Nummerierung, die Dauer der Fixation über die Größe der Kreise abgebildet. Ein Gazeplot kann sowohl statisch über ein gewisses Zeitfenster als auch als Animation betrachtet werden (siehe Abbildung).

### Kontoerstellung

#### So geht's am Beispiel "Zertifikatsdatei"

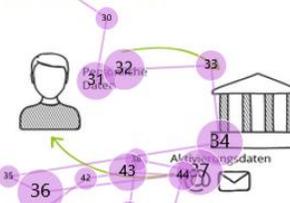
Für fast alle Nutzer ist die Zertifikatsdatei die beste Wahl. Für Unternehmer und Steuerberater stehen noch andere Login-Optionen zur Verfügung.

#### 1. Login-Optionen



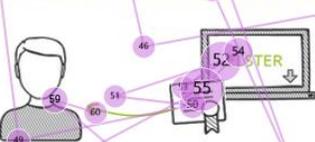
Sie entscheiden sich für das Login mit einer Zertifikatsdatei.

#### 2. Registrierung



Das Finanzamt stellt Ihnen **Aktivierungsdaten** per E-Mail und per Post zu.

#### 3. Zertifikat herunterladen



Sie geben Ihre Aktivierungsdaten ein und erhalten Ihre Zertifikatsdatei als **Download**.

#### 4. Login



Jetzt können Sie sich mit Ihrer Zertifikatsdatei einloggen.

Weiter



<https://de.wikipedia.org/wiki/Eye-Tracking>

### Heatmap (alternativ Attentionmap)

**Heatmap** (alternativ Attentionmap): Eine Heatmap ist eine statische Visualisierung, die hauptsächlich für die aggregierte Darstellung mehrerer Personen verwendet wird. In dieser Repräsentation wird über eine Farbcodierung hervorgehoben wohin Personen lange und oft ihren Blick fixiert haben. Dadurch bietet sie einen guten Überblick, welche Regionen viel Aufmerksamkeit auf sich ziehen und welche Regionen ausgelassen werden.

**ELSTER** Ihr Online-Finanzamt

Hilfe ?

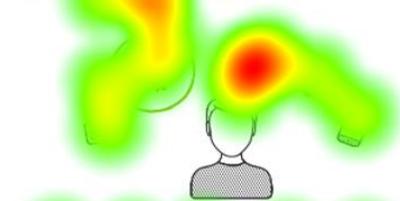
Suchen



### Kontoerstellung So geht's am Beispiel "Zertifikatsdatei"

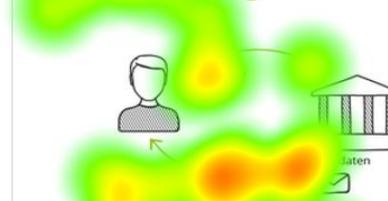
Für fast alle Nutzer ist die Zertifikatsdatei die beste Wahl. Für Unternehmer und Steuerberater stehen noch andere Loginoptionen zur Verfügung.

#### 1. Loginoptionen



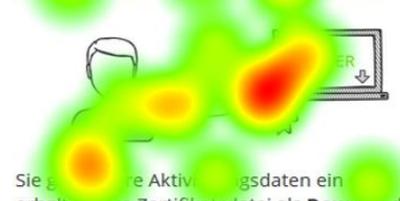
Sie gehen sich für das Login mit Ihrer Zertifikatsdatei.

#### 2. Aktivierung



Das Finanzamt stellt Ihnen **Aktivierungsdaten** per E-Mail und per Post zu.

#### 3. Zertifikat herunterladen



Sie gehen Ihre Aktivierungsdaten ein und erhalten Ihre Zertifikatsdatei als **Download**.

#### 4. Login

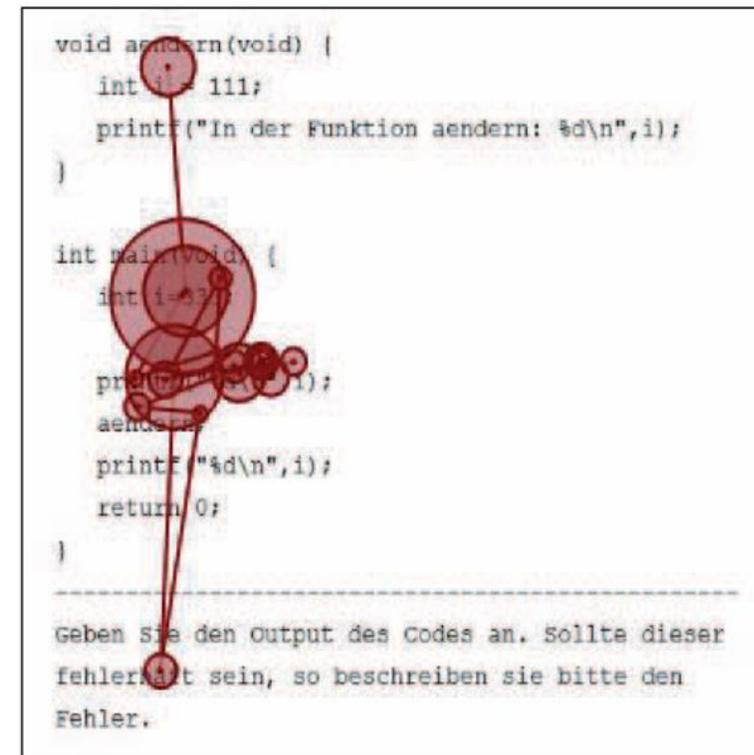
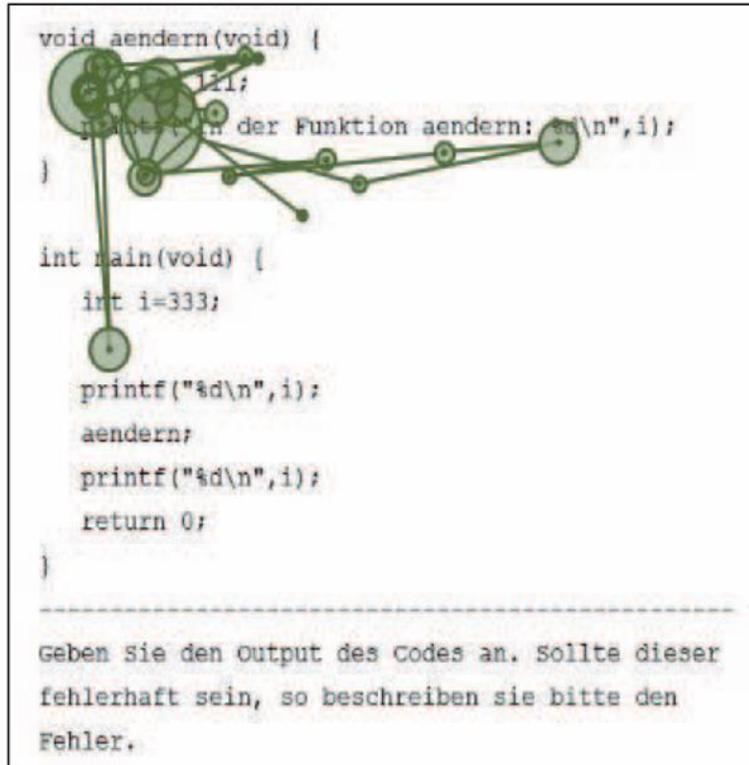


Jetzt können Sie sich mit Ihrer Zertifikatsdatei einloggen.

Weiter

# Qualitätssicherung und Code Review (C)

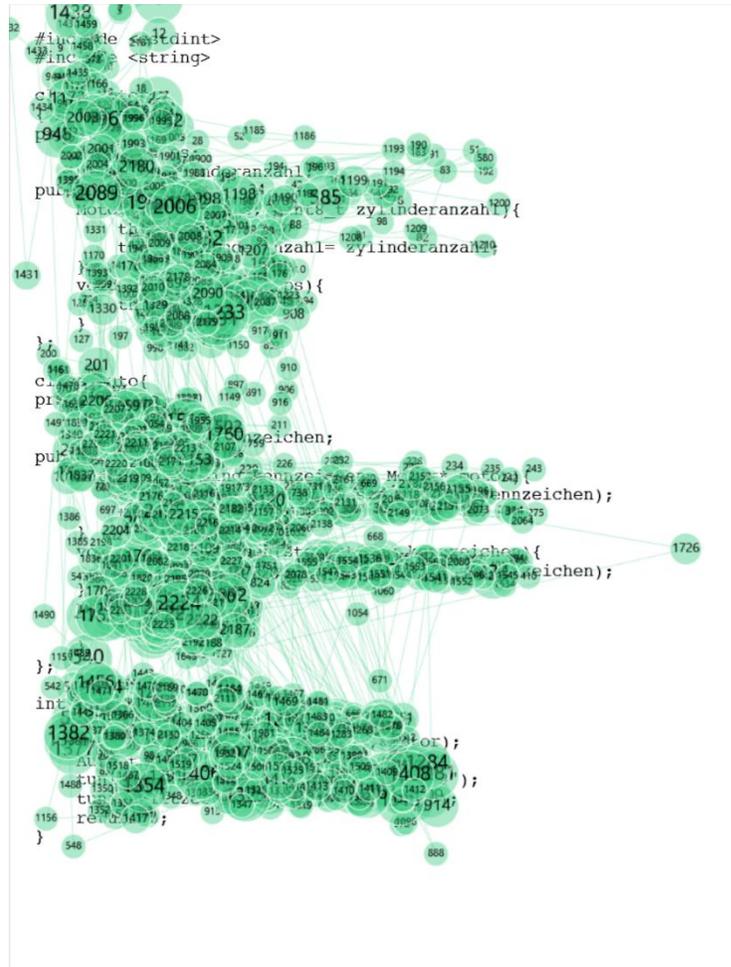
## Novizen-Expertenvergleich



Gazeplots der ersten 10 Sekunden eines Novizen und eines Experten beim Review eines C-Quellcodes (Nivala et al., 2016)

# Qualitätssicherung und Code Review (C++)

## Novizen-Expertenvergleich



```
#include <cstdint>
#include <string>

class Motor
{
private:
    uint16_t ps;
    uint8_t zylinderanzahl;
public:
    Motor(uint16_t ps, uint8_t zylinderanzahl){
        this->ps = ps;
        this->zylinderanzahl = zylinderanzahl;
    }
    void setPs(uint16_t ps){
        this->ps = ps;
    }
};

class Auto{
private:
    Motor* motor;
    std::string kennzeichen;
public:
    Auto(std::string kennzeichen, Motor* motor){
        this->kennzeichen = kennzeichen;
        this->motor = motor;
    }
    void setKennzeichen(std::string kennzeichen){
        this->kennzeichen = kennzeichen;
    }
    Motor* getMotor(){
        return motor;
    }
};

int main(){
    Motor motor(90, 3);
    Auto flitzer("R 12-99", &motor);
    Auto tuningFlitzer("M-99");
    tuningFlitzer.getMotor()->setPs(200);
    return 0;
}
```

Gazeplots eines Novizen und eines Experten beim Review eines C++-Quellcodes (Hauser et al., 2020)

## Triangulation

- Methode in der Forschung, die es ermöglicht, einen Forschungsgegenstand aus verschiedenen Perspektiven zu betrachten
- Kombination unterschiedlicher Methoden mit Verbreiterung der Erkenntnismöglichkeiten
- **Mixed-Method-Design** mit quantitativen und qualitativen Methoden

## Beispiel

Ein möglicher Methodenansatz:

1. **Analyse von Eye-Tracking-Daten** (Fixations and gaze points, Heatmaps, Areas of Interest (AOI), Time to First Fixation, Time spent (Dwell time), Ratio, Fixation sequences, Revisits, First Fixation Duration, Average Fixation Duration, ...)
2. **Fragebogenerhebung**
3. **Think-Aloud-Protokoll** (Methode des lauten Denkens)
  - Eine Usability-Testmethode
  - Beobachtung durch einen Usability-Experten

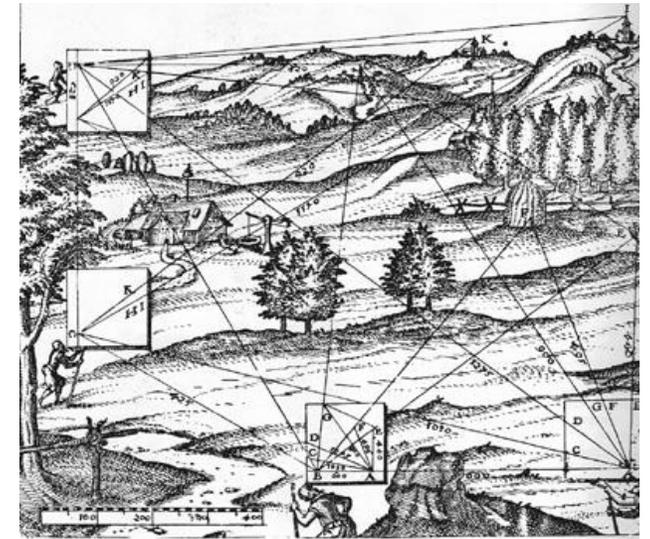


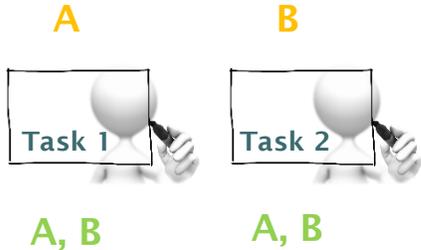
Abbildung aus J. W. Zollmann, Vollständige Anleitung zur Geodäsie oder praktischen Geometrie, Halle 1744.



Nicola Döring, Jürgen Bortz, Sandra Pöschl, Christina S. Werner, Karin Schermelleh-Engel, Carla Gerhard, Jana C. Gäde: Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften, Kapitel 2.4 Das Mixed-Methods-Paradigma und der Pragmatismus, Springer, 2016.

# Between-Subject-Design versus Within-Subject Design

Wenn mehr als eine Variante getestet werden soll...



**Between-Subject Design**

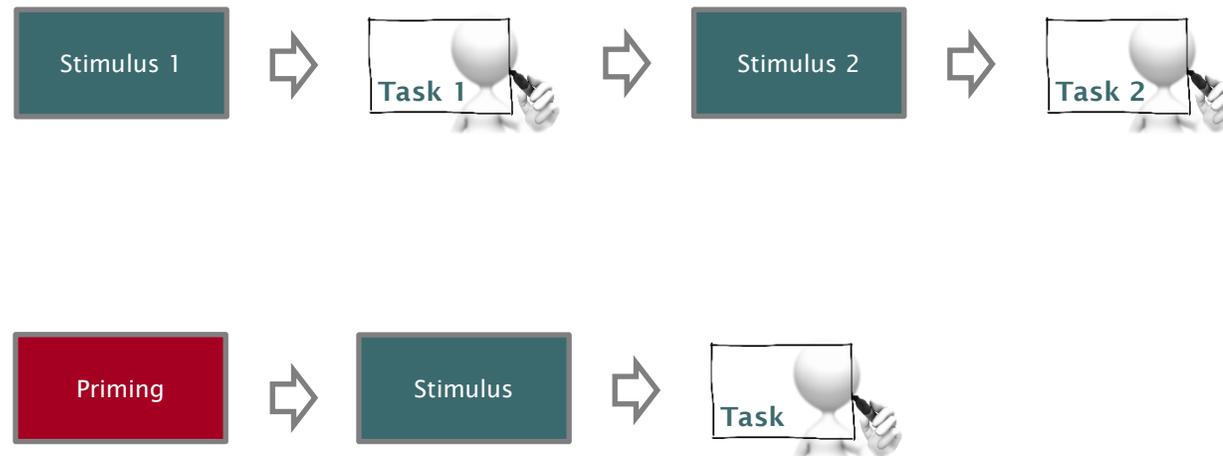
Jeder Testperson wird nur einer der zu testenden Stimuli vorgelegt (eine Hälfte sieht Version A, die andere Version B).

**Within-Subject Design**

Jeder Testperson werden alle zu testenden Stimuli vorgelegt (jede Testperson sieht Version A und B).

	<b>Between-Subject</b>	<b>Within-Subject</b>
<b>Carryover-Effekte</b>	Keine	<b>Wahrscheinlich</b>
Testdauer	Kürzer	Länger
Sample Size	Erfordert größere Sample-Size als Within-Subject	Erlaubt kleinere Sample-Size als Between-Subject
<b>Vergleichsmöglichkeiten</b>	Keine	<b>Testpersonen können Varianten vergleichen und Feedback geben</b>

# Priming, Task und Stimuli in a Common View

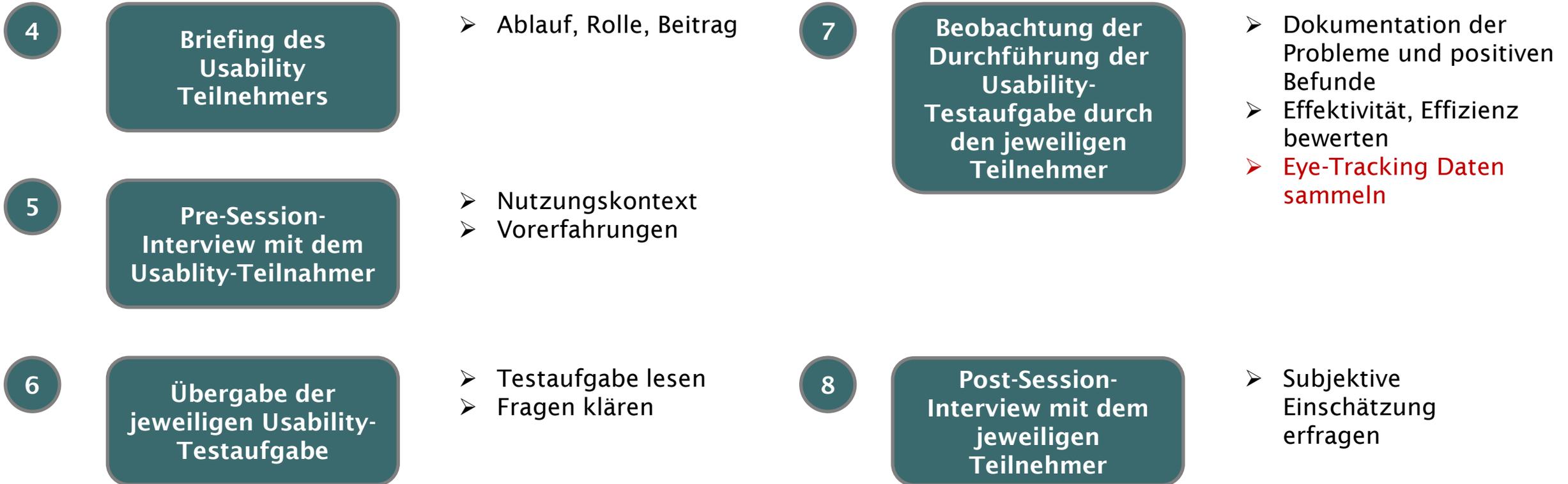


# Die Phasen eines Usability-Tests mit Eye-Tracking: Planung



Thomas Geis, Guido Tesch: Phasen eines Usability-Tests in: Basiswissen Usability und User Experience, dpunkt.verlag, 2019.

# Die Phasen eines Usability-Tests mit Eye-Tracking: Durchführung



Thomas Geis, Guido Tesch: Phasen eines Usability-Tests in: Basiswissen Usability und User Experience, dpunkt.verlag, 2019.

9

Usability-Testbericht  
schreiben

- Dokumentation und Bewertung der Ergebnisse (Sowohl Probleme als auch positive Befunde)
- **Eye-Tracking Daten auswerten**

10

Usability-Befunde  
kommunizieren

- Information der Stakeholder
- ggf. Publikation (Paper, Konferenz, wiss. Arbeit)



Thomas Geis, Guido Tesch: Phasen eines Usability-Tests in: Basiswissen Usability und User Experience, dpunkt.verlag, 2019.

# Test Before Invest

LaS<sup>3</sup> als Partner der Wirtschaft

DiNO - Digital Innovation Ostbayern ist ein gemeinsames Projekt von:



Gefördert durch:



## Die Services der OTH Regensburg

### **OTH Regensburg**

Meret Kristen & Prof. Dr. Jürgen Mottok

Fabian Engl & Prof. Dr. Jürgen Mottok

Benno Bielmeier & Prof. Dr. Wolfgang Mauerer

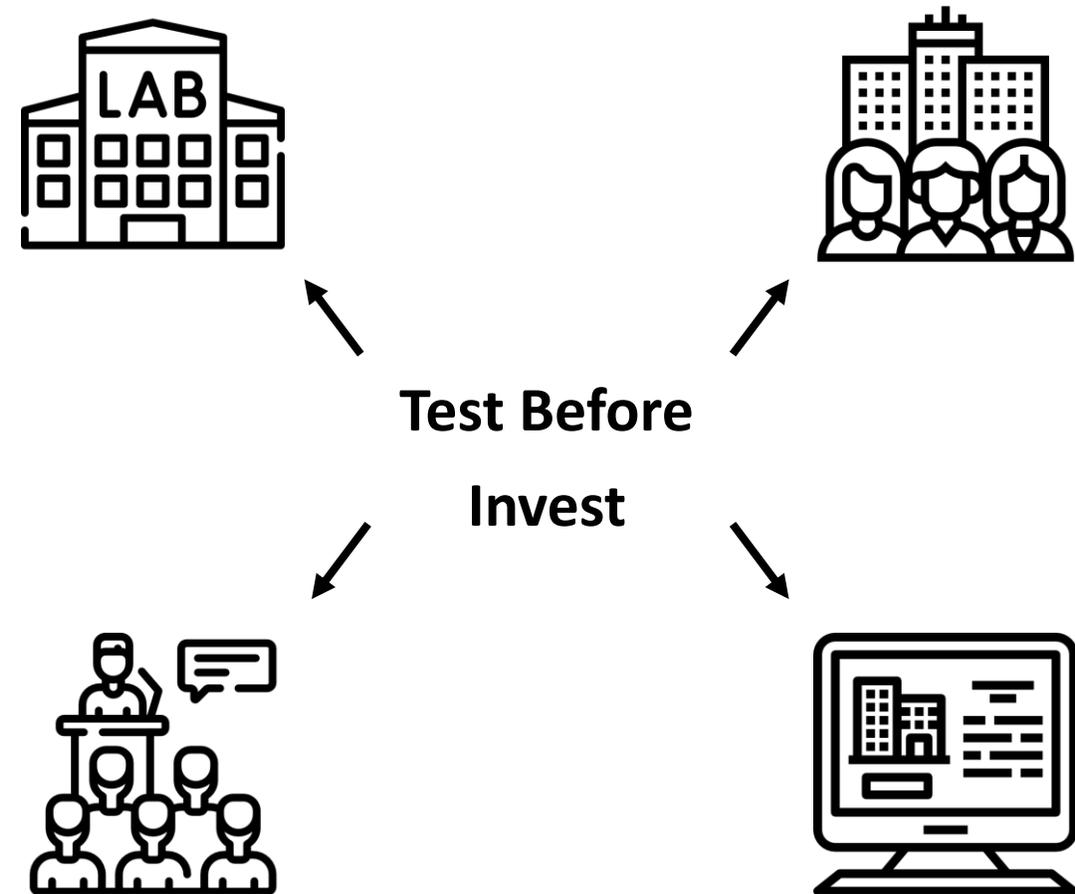
**Functional Safety & IT-Security**

**Eye-Tracking as a Digital Tool**

**AI and Machine Learning**

## Auf Ihre Bedürfnisse abgestimmt

- Showcases in den Laboren
- Betreuung vor Ort
- Informationsveranstaltungen
- Individuelle Anwendungsfälle



'images: Flaticon.com'. This cover has been designed using images from Flaticon.com