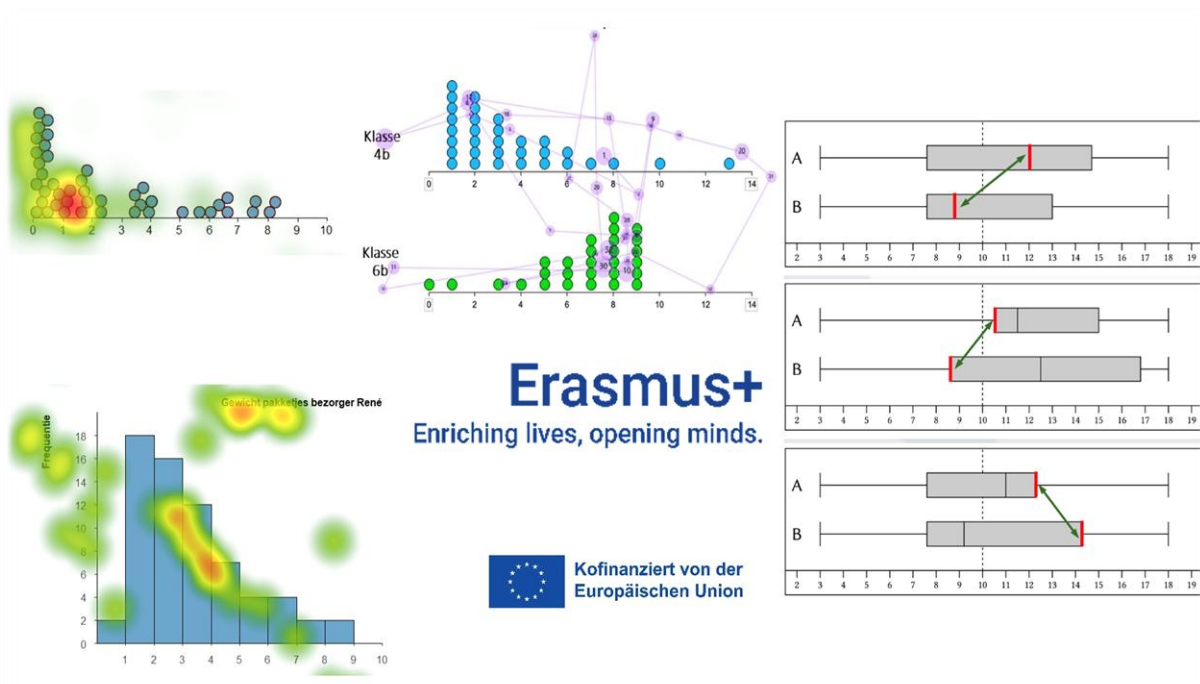


EYE-TEACH-STATS

Kurshandbuch

Ein Leitfaden für Lehrkräftebildende zur Durchführung des Eye-Tracking-Vignetten-Kurses zur Interpretation statistischer Diagramme durch Schülerinnen und Schüler.



Erasmus+-Programm – Projekt Eye-Teach-Stats

www.eye-teach-stats.eu

Haftungsausschluss:

Das Projekt ‚Eye-teach-stats‘ (2023-1-DE03-KA220-SCH-000158223) wird von der Europäischen Union finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen jedoch ausschließlich denen der Autorinnen und Autoren und spiegeln nicht zwingend die der Europäischen Union oder der Nationalen Agentur wider. Weder die Europäische Union noch die Bewilligungsbehörde können dafür verantwortlich gemacht werden.

Inhalt

Inhalt

Inhalt.....	2
Hinweise zur Nutzung dieses Handbuchs	4
Für wen ist dieses Handbuch gedacht?	4
Wie ist dieses Handbuch aufgebaut?	4
Nutzung dieses Handbuchs zusammen mit den Kursmaterialien.....	4
1. Einleitung	6
2. Theoretischer Hintergrund.....	7
2.1 Professionelle Kompetenz	7
2.2 Diagnostische Tätigkeiten und diagnostische Kompetenz	8
2.3 Systematische Fehler und zugrunde liegende konzeptuelle Schwierigkeiten.....	9
2.4 Eye-Tracking als Evidenz für das Denken von Schülerinnen und Schülern	10
3. Eye-Tracking-Vignetten.....	12
3.1 Was sind Vignetten?.....	12
3.2 Was sind Eye-Tracking-Vignetten?.....	12
3.3 Aufbau einer Eye-Tracking-Vignette	13
3.4 Diagnostisches Potenzial von Eye-Tracking-Vignetten	13
4. Statistische Diagramme im Kurs	14
4.1 Dotplots	14
Beschreibung	14
Lokale vs. globale Perspektiven.....	14
4.2 Histogramme	17
Beschreibung	17
Häufigkeits- und Dichtehistogramme.....	18
Der Mittelwert in einem Histogramm	18
Lokale vs. globale Perspektiven.....	19
4.3 Case-Value-Plots.....	19
Beschreibung	19
Beispiel: Alter der Lehrer in einem Fachbereich	20
Unterscheidung von Case-Value-Plots und Histogrammen.....	20
4.4 Boxplots	21
Beschreibung	21
Erwerb konzeptuellen Wissens über Variabilität.....	22
5. Instruktionsdesign des Kurses (4C/ID)	24
5.1 Lernaufgaben	24
5.2 Unterstützende Informationen.....	25
5.3 Prozedurale Informationen	25



5.4 Teilaufgabenübung	25
6. Durchführung des Kurses.....	26
6.1 Durchführungsformate	26
6.2 Empfohlener Kursablauf	26
6.3 Moderation synchroner Gruppentreffen	27
6.4 Gemeinsame Bearbeitung einer ersten Vignette.....	28
6.5 Begleitung der Einzelarbeit in MaMpf	29
6.6 Diskussionsfolien, Leitfragen und Reflexion.....	29
Projektinformationen und Mitwirkende	32
1. Über das Projekt Eye-Teach-Stats	32
2. Projektpartner	32
3. Autorinnen und Autoren.....	32
4. Förderung, Haftungsausschluss und Lizenz	33
Literaturverzeichnis	34

Hinweise zur Nutzung dieses Handbuchs

Dieses Handbuch richtet sich an Lehrkräftebildende, die den Eye-Teach-Stats-Kurs mit angehenden und aktiven Mathematiklehrkräften durchführen. Es liefert den theoretischen und pädagogischen Hintergrund zu den Kursmaterialien und bietet praktische Hinweise zur Moderation der fünf Module des Kurses. In diesem Handbuch bezeichnet Lehrkräfte die am Kurs teilnehmenden angehenden und aktiven Lehrkräfte, während Schülerinnen und Schüler die Lernenden an Grund- oder weiterführenden Schulen bezeichnet, die von diesen Lehrkräften unterrichtet werden.

Für wen ist dieses Handbuch gedacht?

Dieses Handbuch ist für Lehrkräftebildende geschrieben – also für diejenigen, die den Kurs leiten, Diskussionen moderieren und die Teilnehmenden bei der Bearbeitung der Eye-Tracking-Vignetten unterstützen. Es ist nicht als Handout für Teilnehmende gedacht.

Wie ist dieses Handbuch aufgebaut?

Das Handbuch ist in sechs Abschnitte gegliedert:

- **Abschnitt 1** stellt den Kurs und seine Ziele vor.
- **Abschnitt 2** liefert den theoretischen Hintergrund und behandelt die professionelle Kompetenz von Lehrkräften, diagnostische Tätigkeiten, systematische Fehler sowie die Rolle von Eye-Tracking-Daten.
- **Abschnitt 3** erläutert das Format der Eye-Tracking-Vignette und wie es als Lernaufgabe aufgebaut ist.
- **Abschnitt 4** beschreibt die vier statistischen Diagrammtypen des Kurses, einschließlich der in den Vignetten behandelten systematischen Fehler.
- **Abschnitt 5** skizziert das Instruktionsdesign des Kurses auf Grundlage des 4C/ID-Modells.
- **Abschnitt 6** bietet praktische Hinweise zur Durchführung des Kurses, einschließlich der Moderation von Präsenzsitzungen oder synchronen Online-Sitzungen, Einzelarbeit und Reflexionsaktivitäten.

Nutzung dieses Handbuchs zusammen mit den Kursmaterialien

Dieses Handbuch ist für die Verwendung zusammen mit folgenden Materialien konzipiert:

- **Die Online-Lernumgebung (MaMpf)**, in der die Teilnehmenden die Eye-Tracking-Vignetten aufrufen und bearbeiten.
- **Der Foliensatz „Teaching Modules“** wird in Präsenzsitzungen oder synchronen Online-Sitzungen eingesetzt. Er enthält die Kurseinführung, Modulübersichten und Diskussionsfolien, die die Gruppengespräche strukturieren, nachdem die Teilnehmenden die Vignetten in MaMpf bearbeitet haben. Im weiteren Verlauf dieses Handbuchs werden diese als synchrone Gruppensitzungen bezeichnet.



- **Dieses Handbuch** vermittelt Lehrkräftebildenden den theoretischen und pädagogischen Hintergrund des Kurses sowie Hinweise zur Moderation der Sitzungen.

Die Diskussionsfolien im Foliensatz für die Teilnehmenden enthalten jeweils Notizen für Lehrkräftebildende. Diese Notizen umfassen Leitfragen, die auf die jeweilige Vignette und den Fehlertyp der Folie zugeschnitten sind. Wir empfehlen, bei der Moderation von Gruppendiskussionen auf diese Notizen zurückzugreifen. Abschnitt 6.6 dieses Handbuchs beschreibt die Zwecke dieser Leitfragen und gibt Beispiele für ihren Einsatz.

1. Einleitung

Dieser Kurs soll angehende und praktizierende Mathematiklehrkräfte dabei unterstützen, mit statistischen (Fehl-)Interpretationen von Schülerinnen und Schülern beim Interpretieren von Diagrammen umzugehen. Er konzentriert sich auf vier Diagrammtypen – Dotplots, Histogramme, Boxplots und Case-Value-Plots – und zielt darauf ab, zur Entwicklung des statistischen Fachwissens (CK) und des fachdidaktischen Wissens (PCK) von Lehrkräften beizutragen.

Ein zentrales Element des Kurses ist der Einsatz von Eye-Tracking-Vignetten. Diese Vignetten basieren auf Forschung zu typischen Fehlern und konzeptuellen Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern beim Interpretieren von Diagrammen und werden in allen fünf Modulen eingesetzt (Einführung in Eye-Tracking und je ein Modul pro Diagrammtyp).

Der Kurs kann sowohl in der Lehrkräfteausbildung als auch in der Lehrkräftefortbildung eingesetzt werden. Dieses Handbuch bietet Lehrkräftebildenden Hintergrundinformationen zum Kurskonzept und zu den Materialien sowie Hinweise, wie sie die Teilnehmenden bei der Bearbeitung der Module unterstützen können.

Eye-Teach-Stats ist ein über Erasmus+ gefördertes internationales Projekt, das von fünf Partnerinstitutionen entwickelt wurde (ausführliche Angaben siehe „Über das Projekt Eye-Teach-Stats“ am Ende dieses Handbuchs).

2. Theoretischer Hintergrund

Der theoretische Hintergrund des Kurses ist um den Zusammenhang zwischen der professionellen Kompetenz von Lehrkräften, diagnostischem Denken, systematischen Fehlern von Schülerinnen und Schülern und dem Einsatz von Eye-Tracking-Daten herum aufgebaut. Abbildung 1 gibt einen Überblick über diesen Zusammenhang, indem sie zeigt, wie diagnostische Arbeit durch die Merkmale der Situation, das Wissen und die Überzeugungen der Lehrkraft sowie die Prozesse des Wahrnehmens, Interpretierens und Entscheidens geprägt wird. In diesem Kurs werden Eye-Tracking-Vignetten genutzt, um diese Prozesse explizit zu machen: Lehrkräfte untersuchen die Antworten von Schülerinnen und Schülern zusammen mit Blickdaten und nutzen diese Evidenz, um Hypothesen über deren Interpretationen von Diagrammen zu bilden.

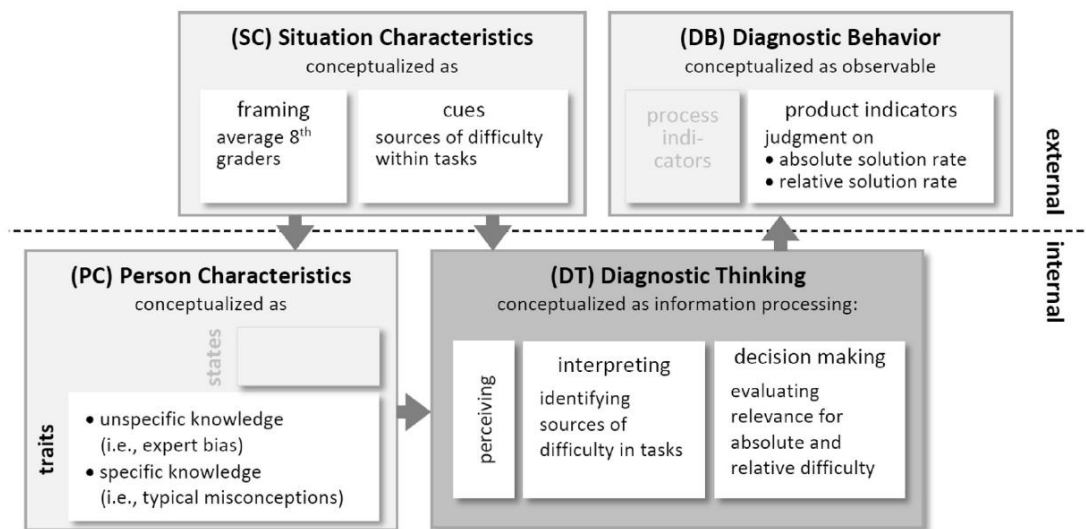


Abbildung 1. Überblick über diagnostische Tätigkeiten und die Faktoren, die sie prägen (Loibl et al., 2020, S. 3)

2.1 Professionelle Kompetenz

Abbildung 2 verortet den Kurs in einem umfassenderen Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften. Im COACTIV-Modell umfasst professionelle Kompetenz mehrere Komponenten, darunter Professionswissen, Überzeugungen, Motivation und Selbstregulation. Der Eye-Teach-Stats-Kurs konzentriert sich insbesondere auf zwei Facetten des Professionswissens, die für den Statistikunterricht zentral sind: Fachwissen (CK) und fachdidaktisches Wissen (PCK).

In diesem Zusammenhang bezeichnet Fachwissen das Verständnis der Lehrkräfte für die Eigenschaften und Interpretationen verschiedener statistischer Diagramme, während sich fachdidaktisches Wissen auf die Fähigkeit von Lehrkräften bezieht, Interpretationen und Fehlinterpretationen von Schülerinnen und Schülern zu erkennen und sie mit zugrunde liegenden konzeptuellen Schwierigkeiten in Verbindung zu bringen. Beide Wissensfacetten werden im gesamten Kurs angesprochen, indem die Lehrkräfte Antworten von Schülerinnen

und Schülern sowie Eye-Tracking-Daten zu Dotplots, Histogrammen, Boxplots und Case-Value-Plots analysieren.

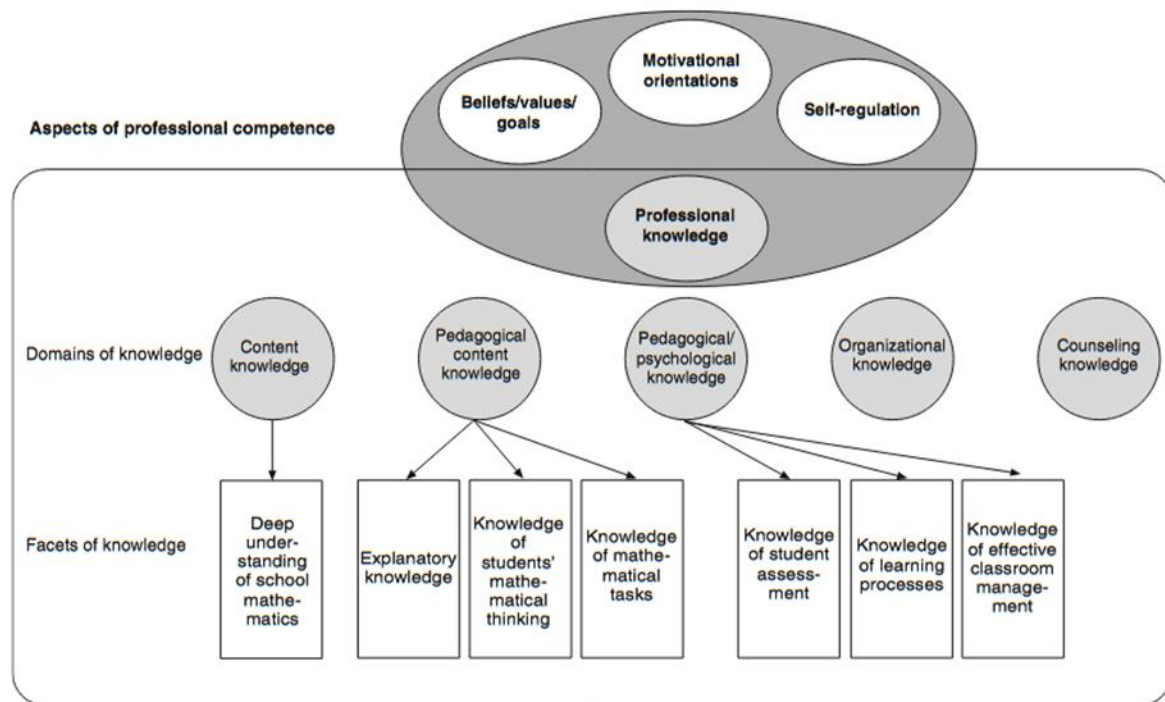


Abbildung 2. Modell der professionellen Kompetenz von Lehrkräften (COACTIV-Modell). [Baumert & Kunter, 2013, S. 29]

2.2 Diagnostische Tätigkeiten und diagnostische Kompetenz

Diagnostische Tätigkeiten sind solche, bei denen Lehrkräfte Informationen über das Denken von Schülerinnen und Schülern sammeln und interpretieren, um pädagogische Entscheidungen zu treffen. Zu diesen Tätigkeiten gehören beispielsweise das Zuhören bei Erklärungen von Schülerinnen und Schülern, die Analyse schriftlicher Arbeiten und der Vergleich verschiedener Lösungsstrategien.

Vignetten gelten als besonders geeignet für solche diagnostischen Tätigkeiten, weil sie die Komplexität des Denkens von Schülerinnen und Schülern in einer konkreten Situation abbilden können. Eye-Tracking-Vignetten erweitern diese Idee, indem sie Informationen über das visuelle Verhalten der Schülerinnen und Schüler während der Bearbeitung einer Aufgabe hinzufügen.

Die Gesamtheit des Wissens, der Fähigkeiten, Motivationen und Überzeugungen von Lehrkräften, die es ihnen ermöglicht, diagnostische Tätigkeiten zielgerichtet auszuführen, wird als diagnostische Kompetenz bezeichnet. Im Kontext dieses Kurses liegt der Schwerpunkt der diagnostischen Kompetenz darauf, zu erkennen, wie Schülerinnen und Schüler Diagramme interpretieren, und typische (Fehl-)Interpretationen zu identifizieren.

2.3 Systematische Fehler und zugrunde liegende konzeptuelle Schwierigkeiten

Beim Interpretieren von Diagrammen machen Schülerinnen und Schüler häufig systematische Fehler: wiederkehrende Denkmuster, die über Aufgaben oder Diagrammtypen hinweg zu ähnlichen, falschen Schlussfolgerungen führen. Systematische Fehler hängen eng mit zugrunde liegenden konzeptuellen Schwierigkeiten zusammen. Während ein systematischer Fehler beschreibt, wie eine Schülerin oder ein Schüler in einer bestimmten Darstellung falsch argumentiert, spiegelt die konzeptuelle Schwierigkeit wider, was noch nicht vollständig verstanden ist – etwa die Idee der Verteilung, die Bedeutung des Mittelwerts oder die Rolle der Variabilität. In diesem Kurs dienen systematische Fehler beim Interpretieren von Dotplots, Histogrammen, Boxplots und Case-Value-Plots als Ausgangspunkte, um über diese tieferliegenden konzeptuellen Aspekte im Verständnis der Schülerinnen und Schüler nachzudenken.

Im für dieses Projekt entwickelten Arbeitsrahmen wurde durch ein systematisches Literaturreview (Heursen et al., 2025) für jeden der vier Diagrammtypen eine umfassende Übersicht systematischer Fehler identifiziert. Tabelle 1 gibt einen Überblick über diese systematischen Fehler, wie sie in den Eye-Tracking-Vignetten dargestellt werden, zusammen mit kurzen Definitionen.

Tabelle 1. Überblick über systematische Fehler bei verschiedenen Diagrammtypen.

Kategorie	Systematischer Fehler	Definition
Graph mechanics representation confusion	Frequency–value confusion	Fälschliche Schätzung des Mittelwerts der Häufigkeiten anstelle des Mittelwerts der Werte.
	Area (length) – frequency confusion	Fälschliche Annahme, dass eine längere Box eine größere Anzahl von Beobachtungen darstellt.
	Overgeneralisation of a histogram approach	Fälschliche Annahme, dass ein Case-Value-Plot wie ein Histogramm interpretiert werden kann – auf Grundlage von Form oder Gleichgewicht statt anhand der einzelnen Messwerte
Overemphasising local features	Pairwise-stack comparison	Urteil auf Grundlage eines schrittweisen Vergleichs einander entsprechender Stapel/Säulen statt anhand der Verteilung als Ganzes.
	Overemphasising outlier	Urteil auf Grundlage eines Ausreißers statt anhand der Verteilung.
	Overemphasising number of bars	Urteil auf Grundlage der Anzahl der Säulen statt anhand der Verteilung.

	Count-and-compute strategy	Säulen werden einzeln statt als Verteilung verarbeitet, was dazu führt, dass durch die Anzahl der Säulen statt durch die Gesamtzahl der Datenpunkte geteilt wird.
Looking at a wrong parameter for measures of central tendency	Sum for mean: Sum of frequencies	Häufigkeiten werden aufsummiert, um Schlussfolgerungen über statistische Konzepte oder die gesamte Datenverteilung zu ziehen.
	Sum for mean: Sum of measured values	Datenwerte werden – multipliziert mit ihren Häufigkeiten – aufsummiert, um Schlussfolgerungen über die Verteilung zu ziehen.
	Overgeneralisation of a median	Urteil auf Grundlage eines ungeeigneten Lagemaßes.

2.4 Eye-Tracking als Evidenz für das Denken von Schülerinnen und Schülern

Eye-Tracking-Technologie zeichnet die Augenbewegungen von Schülerinnen und Schülern während der Bearbeitung einer Aufgabe auf und bildet sie ab. Dies liefert Informationen darüber, wohin sie schauen, in welcher Reihenfolge und wie lange. Ein solches visuelles Verhalten lässt sich mit den Strategien der Schülerinnen und Schüler sowie mit den Aspekten des Diagramms in Beziehung setzen, die sie für relevant halten. In diesem Kurs wird Eye-Tracking als zusätzliche Evidenzquelle neben den schriftlichen Antworten und mündlichen Erklärungen der Schülerinnen und Schüler genutzt.

Im Kurs werden drei Hauptarten von Eye-Tracking-Visualisierungen verwendet:

- **Gaze-Plots.** Statische Bilder, die die Abfolge der Augenbewegungen auf dem Diagramm darstellen. Fixationen werden als Punkte dargestellt; ihre Größe gibt an, wie lange die Schülerin oder der Schüler auf diese Stelle geschaut hat. Linien zwischen den Punkten (Sakkaden) zeigen, wie sich die Aufmerksamkeit über das Diagramm verlagert hat.



Abbildung 3. Beispiel eines Gaze-Plots.

- **Gaze-Videos.** Dynamische Visualisierungen, die die Augenbewegungen der Schülerin oder des Schülers im zeitlichen Verlauf über der ursprünglichen Aufgabe wiedergeben und so die zeitliche Reihenfolge der Betrachtung sichtbar machen.
- **Heatmaps.** Farbcodierte Übersichten, die anzeigen, wo sich der Blick der Schülerin oder des Schülers konzentriert hat. Wärmere Farben zeigen Bereiche mit längeren oder häufigeren Fixationen; kühlere Farben weisen auf weniger Aufmerksamkeit hin.



Abbildung 4. Beispiel einer Heatmap.

Diese Visualisierungen machen Aspekte der visuellen Suchstrategien von Schülerinnen und Schülern sichtbar, die in schriftlichen oder mündlichen Antworten allein verborgen bleiben könnten. In Kombination mit der Antwort der Schülerin oder des Schülers bieten sie eine reichhaltigere Grundlage, um Hypothesen über die Interpretation von Diagrammen zu bilden und zu begründen sowie systematische Fehler und zugrunde liegende konzeptuelle Schwierigkeiten zu identifizieren.

3. Eye-Tracking-Vignetten

Dieser Abschnitt beschreibt, wie Eye-Tracking-Vignetten im Kurs definiert sind, wie sie als Lernaufgaben aufgebaut sind und warum sich dieses Format besonders eignet, um Lehrkräfte bei der Analyse von Diagramminterpretationen von Schülerinnen und Schülern zu unterstützen.

3.1 Was sind Vignetten?

Vignetten zeigen kurze, authentische Szenen aus der Unterrichtspraxis. Sie ermöglichen es Lehrkräften, Unterrichtssituationen genau zu untersuchen und darüber zu reflektieren, ohne unter dem Druck zu stehen, sofort handeln zu müssen. Indem sie sich auf bestimmte Aspekte einer Situation konzentrieren, ermöglichen Vignetten eine strukturierte, gehaltvolle Diskussion über Lehren und Lernen.

In der Mathematiklehrkräftebildung werden Vignetten eingesetzt, um Theorie und Unterrichtspraxis miteinander zu verbinden. Sie unterstützen professionelles Lernen, indem sie Lehrkräfte dazu anregen, Antworten, Denkweisen oder Fehler von Schülerinnen und Schülern zu analysieren und in einem geschützten und fokussierten Rahmen über unterrichtliche Entscheidungen zu reflektieren. Vignetten können auf unterschiedliche Weise gestaltet werden – als Texte, Videos oder visuelle Darstellungen – und offene oder stärker strukturierte Antworten verlangen. Je nach Aufgabe können Vignetten Lehrkräfte im Allgemeinen dazu auffordern, eine Situation zu interpretieren, das Denken von Schülerinnen und Schülern zu bewerten oder mögliche zugrunde liegende konzeptuelle Schwierigkeiten zu bedenken.

3.2 Was sind Eye-Tracking-Vignetten?

In diesem Kurs werden Eye-Tracking-Vignetten als innovatives Format eingesetzt, das Lehrkräfte bei der Analyse der Interpretationen statistischer Diagramme durch Schülerinnen und Schüler unterstützt. Jede Vignette zeigt ein kurzes Szenario, in dem eine Schülerin oder ein Schüler eine Aufgabe zur Diagramminterpretation bearbeitet.

Jede Eye-Tracking-Vignette kombiniert:

- die Diagrammaufgabe,
- die Antwort der Schülerin oder des Schülers (häufig mit einer kurzen Erklärung) und
- eine Visualisierung der Augenbewegungen der Schülerin oder des Schülers während der Bearbeitung der Aufgabe.

Die Vignetten basieren auf echten Daten von Schülerinnen und Schülern und heben systematische Fehler beim Interpretieren von Dotplots, Histogrammen, Boxplots und Case-Value-Plots hervor. Indem sie sowohl die Antwort als auch die visuelle Aufmerksamkeit zeigen, geben sie Einblick nicht nur darin, zu welchem Ergebnis die Schülerin oder der Schüler gekommen ist, sondern auch darin, wie sie bzw. er an das Diagramm herangegangen ist. Jede Vignette enthält Leitfragen, die Lehrkräfte dazu anregen, das Denken der Schülerin oder des Schülers zu analysieren, mögliche systematische Fehler zu identifizieren und diese mit dem Diagrammtyp und dem Aufgabenkontext in Beziehung zu setzen.

3.3 Aufbau einer Eye-Tracking-Vignette

Innerhalb des Kurses folgt jede Eye-Tracking-Vignette einer wiederkehrenden Struktur (siehe Abbildung 5). Sie beginnt mit der Einführung eines Unterrichtsszenarios und der Präsentation der statistischen Diagrammaufgabe. Anschließend durchlaufen die Teilnehmenden eine Abfolge, in der sie die Antwort der Schülerin oder des Schülers, die Eye-Tracking-Daten und die retrospektive Erklärung untersuchen. Nach dieser Abfolge erhalten sie eine Erläuterung des systematischen Fehlers und seiner möglichen zugrunde liegenden konzeptuellen Schwierigkeit und bearbeiten eine zugehörige Teilaufgabenübung. Unterstützende und prozedurale Informationen stehen an den relevanten Stellen der Vignette zur Verfügung. Im Kern jeder Vignette durchlaufen die Teilnehmenden die folgenden Schritte:

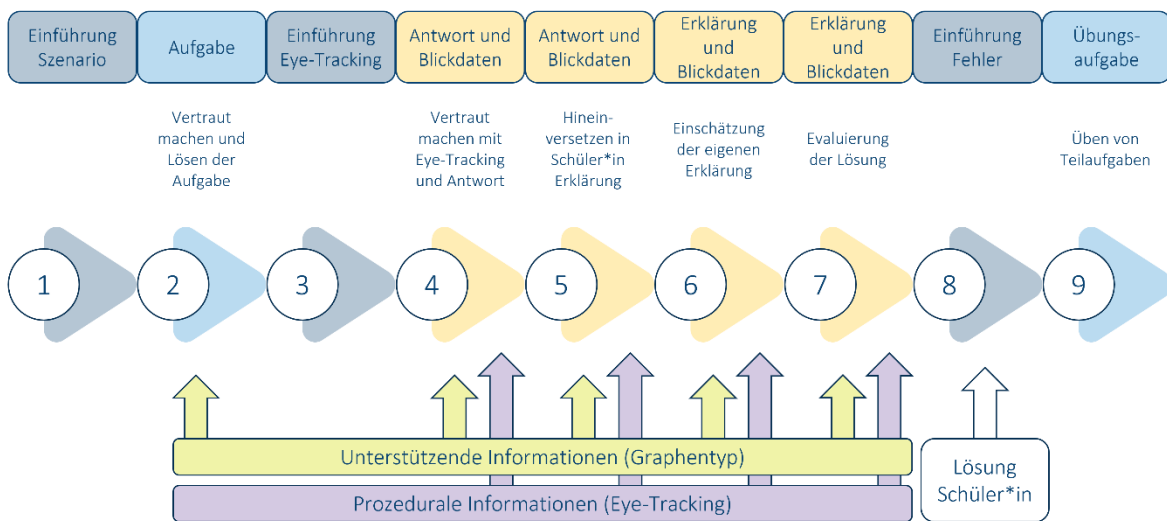


Abbildung 5. Aufbau einer Eye-Tracking-Vignette.

3.4 Diagnostisches Potenzial von Eye-Tracking-Vignetten

Eye-Tracking-Vignetten erweitern traditionelle Vignetten um visuelle Informationen darüber, wie sich eine Schülerin oder ein Schüler mit einem Diagramm auseinandergesetzt hat. Dies ermöglicht es Lehrkräften:

- systematische Fehler mit bestimmten Merkmalen des Diagramms zu verknüpfen, die beachtet oder ignoriert wurden;
- Schwierigkeiten, die darauf beruhen, dass Informationen nicht bemerkt wurden, von solchen zu unterscheiden, die auf einer Fehlinterpretation dieser Informationen beruhen;
- Schlussfolgerungen sowohl mit verbaler als auch mit visueller Evidenz zu begründen.

Auf diese Weise geben Eye-Tracking-Vignetten Lehrkräften Zugang zu Aspekten der visuellen Aufmerksamkeit von Schülerinnen und Schülern, die normalerweise nicht sichtbar sind. Sie können zum Beispiel zeigen, ob eine Schülerin oder ein Schüler relevante Informationen beachtet, sie aber nicht genutzt oder anders interpretiert hat, als es das Diagramm erforderte.

4. Statistische Diagramme im Kurs

Dieser Kurs konzentriert sich auf vier Arten statistischer Diagramme: Dotplots, Histogramme, Case-Value-Plots und Boxplots. Jeder Diagrammtyp bietet spezifische Möglichkeiten, über Verteilungen nachzudenken, und ist mit typischen systematischen Fehlern in den Interpretationen von Schülerinnen und Schülern verbunden. Dieser Abschnitt beschreibt die vier Diagrammtypen kurz und fasst die für den Kurs zentralen systematischen Fehler zusammen.

Die Eye-Tracking-Vignetten dieses Kurses wurden auf Grundlage aktueller Forschungsergebnisse entwickelt (z. B. Abt et al., 2023, 2024, 2025; Boels et al., 2019a, 2019b, 2023a, 2023b, 2024, 2025; Schreiter & Vogel, 2022, 2023a, 2023b, 2024). Diese Studien haben gezeigt, dass sich systematische Fehler und zugrunde liegende konzeptuelle Schwierigkeiten von Schülerinnen und Schülern in ihren Blickdaten widerspiegeln. Während die Literatur ein breiteres Spektrum an Fehlern identifiziert (zusammengefasst in Abschnitt 2.3), konzentrieren sich die Vignetten für jeden Diagrammtyp auf eine bestimmte Auswahl.

4.1 Dotplots

Beschreibung

Dotplots sind einfache und zugleich wirkungsvolle grafische Darstellungen, die die Verteilung eines Datensatzes zeigen. Jeder Datenpunkt wird durch einen Punkt entlang einer einzigen Achse dargestellt. Wenn mehrere Datenpunkte denselben Wert haben, werden ihre Punkte vertikal gestapelt, sodass Häufigkeitsmuster unmittelbar sichtbar werden. Dotplots eignen sich besonders für kleine bis mittelgroße Datensätze und dienen als Einstieg in die Datenvisualisierung im Statistikunterricht.

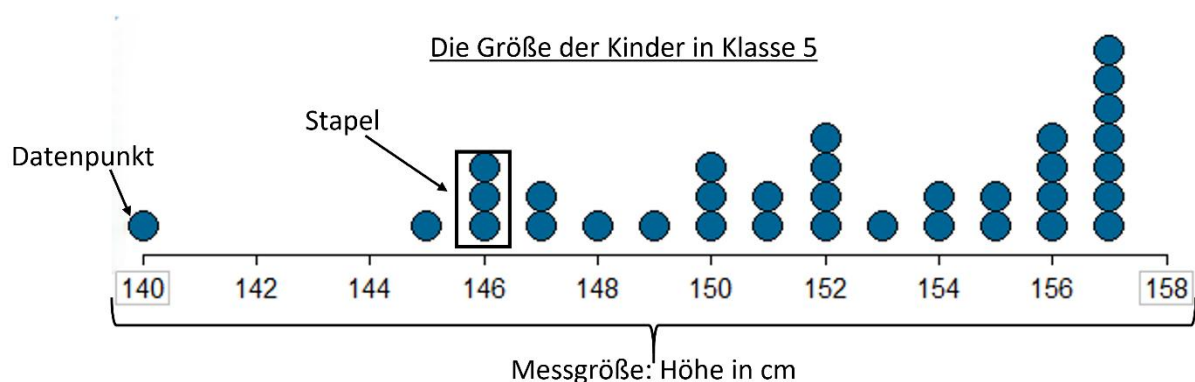


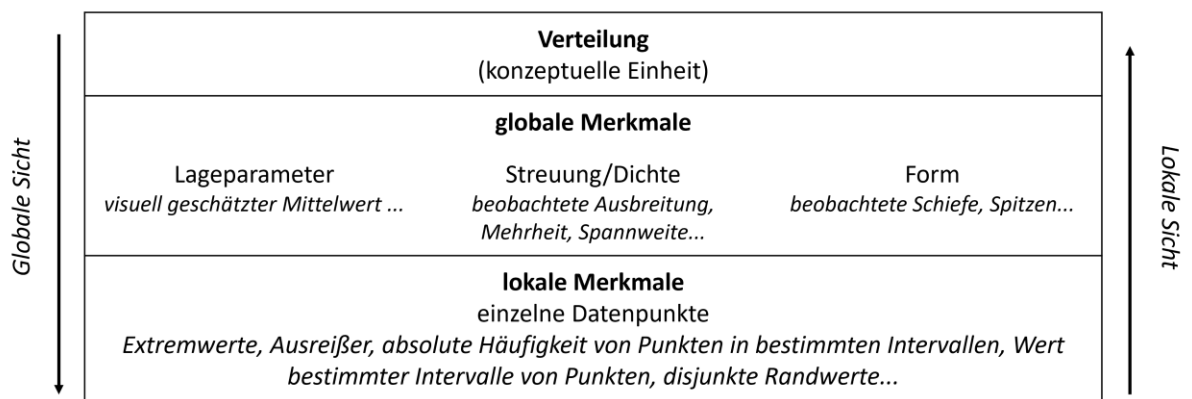
Abbildung 6. Beispiel eines Dotplots.

Lokale vs. globale Perspektiven

Ein grundlegendes Ziel des Statistikunterrichts besteht darin, Schülerinnen und Schülern zu helfen, über eine „lokale Sicht“ auf Datenverteilungen hinauszugehen – bei der sie sich auf einzelne Datenpunkte konzentrieren – und eine „globale Sicht“ zu entwickeln, die es ihnen ermöglicht, übergeordnete Tendenzen zu erkennen (Schreiter & Vogel, 2023).

- **Lokale Sicht.** Schülerinnen und Schüler nehmen eine Verteilung möglicherweise als Sammlung isolierter Datenpunkte wahr und konzentrieren sich auf bestimmte Werte und Extremfälle, statt den Datensatz als Ganzes zu betrachten. Diese Herangehensweise kann zu Fehlvorstellungen über Variabilität und zentrale Tendenzen führen.
- **Globale Sicht.** Eine fortgeschrittenere Perspektive regt Schülerinnen und Schüler dazu an, Verteilungen ganzheitlich zu interpretieren und zentrale statistische Merkmale zu identifizieren, etwa die Lage (Mittelwert, Median, Modus), die Streuung (Spannweite, Interquartilsabstand, Standardabweichung) und die Form (Symmetrie, Schiefe, Modalität). Während das grafische Erscheinungsbild der Verteilungsform von der Art der Darstellung abhängt, bleiben Merkmale wie Schiefe, Modalität oder das Verhalten der Ränder globale Eigenschaften der zugrunde liegenden Verteilung. Ihre visuelle Darstellung muss daher im Zusammenhang mit der jeweiligen grafischen Darstellung interpretiert werden.

Betrachtungen von Datenverteilung: lokale vs. globale Sichtweise



Angepasst nach Schreiter & Vogel, 2023 (übersetzt von Autor:innen)

Abbildung 7. Lokale und globale Perspektiven auf Datenverteilungen (Schreiter & Vogel, 2023).

Bei der Analyse von Dotplots sollten Schülerinnen und Schüler ermutigt werden, sowohl globale als auch lokale Merkmale zu berücksichtigen. Indem Lehrende Schülerinnen und Schüler anleiten, Dotplots mit Blick auf beide Perspektiven zu vergleichen, können sie ein tieferes Verständnis von Statistik und kritisches Denken fördern.

Bei Dotplots konzentrieren sich die Eye-Tracking-Vignetten auf die folgenden systematischen Fehler:

Systematischer Fehler	Definition
Frequency–value confusion	Fälschliche Schätzung des Mittelwerts der Häufigkeiten anstelle des Mittelwerts der Werte.
Overemphasising outlier	Urteil auf Grundlage eines Ausreißers statt anhand der Verteilung.
Pairwise stack comparison	Urteil auf Grundlage eines schrittweisen Vergleichs einander entsprechender Stapel/Säulen statt anhand der Verteilung als Ganzes.
Sum of measured values	Datenwerte werden – multipliziert mit ihren Häufigkeiten – aufsummiert, um Schlussfolgerungen über die Verteilung zu ziehen.

4.2 Histogramme

Beschreibung

Ein Histogramm ist ein grundlegendes Diagramm in Forschung, Bildung und Alltagsmedien. Es stellt Daten mithilfe von Säulen dar, wobei jeder Säule einen Wertebereich (eine Klasse) statt einzelner Datenpunkte repräsentiert. Anders als Lageparameter, die Daten durch einen einzigen Wert zusammenfassen, zeigen Histogramme, wie sich Daten über verschiedene Intervalle verteilen, wodurch Muster und Tendenzen leichter erkennbar werden. Sie eignen sich besonders für große Datensätze mit stetigen numerischen Daten.

Zentrale Merkmale von Histogrammen:

- Jede Säule repräsentiert einen Wertebereich (eine Klasse). Die horizontale Achse stellt die betrachtete Variable dar; die vertikale Achse zeigt die absolute Häufigkeit, die relative Häufigkeit oder die Häufigkeitsdichte.
- Bei gleichen Klassenbreiten entspricht die Säulenhöhe direkt der Häufigkeit. Bei unterschiedlichen Klassenbreiten wird die Häufigkeitsdichte verwendet, um eine korrekte Darstellung zu gewährleisten.
- Die relativen Häufigkeiten summieren sich insgesamt zu 100 % bzw. die Gesamtdichte (Fläche) zu 1.

Zur Veranschaulichung: Man stelle sich vor, das Alter von 826.192 COVID-19-Infektionen zu visualisieren, die 2020 in den Niederlanden gemeldet wurden (RIVM, 2022). Jeden einzelnen Datenpunkt darzustellen, wäre nicht handhabbar. Durch die Gruppierung der Altersangaben in 10-Jahres-Intervalle stellt ein Histogramm die Verteilung mit nur wenigen Säulen übersichtlich dar, sodass leicht erkennbar ist, welche Altersgruppen am stärksten betroffen waren.

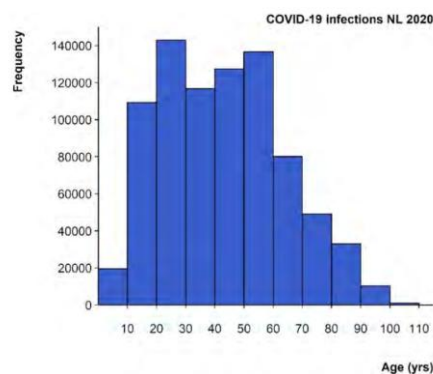


Abbildung 8. Häufigkeitshistogramm aller 826.192 COVID-19-Infektionen in den Niederlanden im Jahr 2020 (Boels, 2023)

Häufigkeits- und Dichtehistogramme

Histogramme können Daten auf zwei Hauptarten darstellen:

- **Häufigkeitshistogramme** (Abbildung 8) zeigen die absoluten Anzahlen in jedem Intervall; sie sind nützlich, wenn der Fokus auf der Gesamtzahl der Beobachtungen in jeder Gruppe liegt.
- **Dichtehistogramme** (Abbildung 9) zeigen die Dichte pro Einheit auf der horizontalen Achse, sodass sich die Gesamtfläche aller Säulen zu 1 summiert. Dies ermöglicht aussagekräftige Vergleiche zwischen Datensätzen unterschiedlicher Größe oder mit ungleichen Klassenbreiten (Freedman et al., 1978).

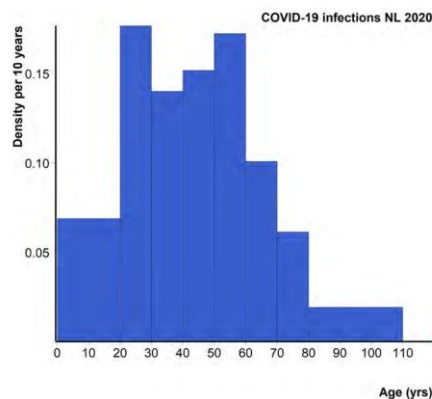


Abbildung 9. Dichtehistogramm der COVID-19-Infektionen pro 10-Jahres-Intervall in den Niederlanden im Jahr 2020 (Boels, 2023).

Der Mittelwert in einem Histogramm

Das mittlere Infektionsalter im COVID-19-Beispiel beträgt etwa 43 Jahre. Es lässt sich aus einem Histogramm schätzen, indem man jede Klassenmitte mit der zugehörigen Säulenhöhe (Häufigkeit) multipliziert, die Produkte addiert und durch die Gesamtzahl der Beobachtungen teilt. Dieser Wert kann in beiden Histogrammtypen als senkrechte Linie bei 43 auf der horizontalen Achse markiert werden und bietet so einen zentralen Bezugspunkt für das Lesen der Verteilung.

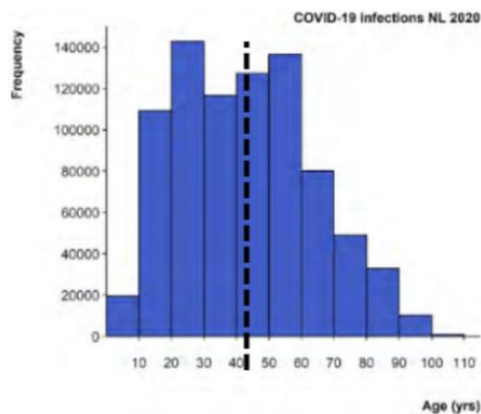


Abbildung 10. Häufigkeitshistogramm der COVID-19-Infektionen in den Niederlanden im Jahr 2020, mit dem mittleren Alter (43 Jahre) als senkrechter Linie.

Lokale vs. globale Perspektiven

Wie bei Dotplots besteht ein zentrales Lernziel darin, dass Schülerinnen und Schüler von der Interpretation einzelner Säulen (lokale Sicht) zum Erkennen der Gesamtform und Dichte der Verteilung (globale Sicht) übergehen. Bei Histogrammen ist dieser Wechsel besonders wichtig, weil Schülerinnen und Schüler aggregierte Daten statt einzelner Werte interpretieren müssen (Schreiter & Vogel, 2023; siehe Abbildung 7 im Abschnitt zu Dotplots).

Bei Histogrammen konzentrieren sich die Eye-Tracking-Vignetten auf die folgenden systematischen Fehler:

Systematischer Fehler	Definition
Frequency–value confusion	Fälschliche Schätzung des Mittelwerts der Häufigkeiten anstelle des Mittelwerts der Werte.
Sum of frequencies	Häufigkeiten werden – oft innerhalb bestimmter Intervalle – aufsummiert, um Schlussfolgerungen über statistische Konzepte oder die gesamte Datenverteilung zu ziehen.
Pairwise stack comparison	Urteil auf Grundlage eines schrittweisen Vergleichs einander entsprechender Stapel/Säulen statt anhand der Verteilung als Ganzes.
Overemphasising number of bars	Urteil auf Grundlage der Anzahl der Säulen statt anhand der Verteilung.

4.3 Case-Value-Plots

Beschreibung

Ein Case-Value-Plot (CVP) ist ein Säulendiagramm, bei dem die Höhe jeder Säule einen einzelnen Messwert darstellt. Die horizontale Achse zeigt nominale Kategorien, während die vertikale Achse numerische Werte darstellt. Da jede Säule einem einzelnen Messwert und nicht gruppierten Häufigkeiten entspricht, lässt sich Variation als Unterschied der Säulenhöhen zwischen den Kategorien beobachten.

Anders als Histogramme, die Daten in Klassen gruppieren, um Häufigkeitsverteilungen darzustellen, konzentrieren sich Case-Value-Plots auf einzelne Messwerte. Dadurch eignen sie sich, um Werte verschiedener Gruppen oder Kategorien auf Basis von Einzeldaten visuell zu vergleichen, statt die Form einer Verteilung zu analysieren.

Beispiel: Alter der Lehrer in einem Fachbereich

Betrachten wir einen Case-Value-Plot, das das Alter der acht Lehrer im Mathematikfachbereich einer Schule zeigt. Jeder Balken steht für einen Lehrer. Das Durchschnittsalter lässt sich durch eine horizontale Linie bei 40 Jahren darstellen, die die vertikale Achse genau bei dieser Zahl schneidet.

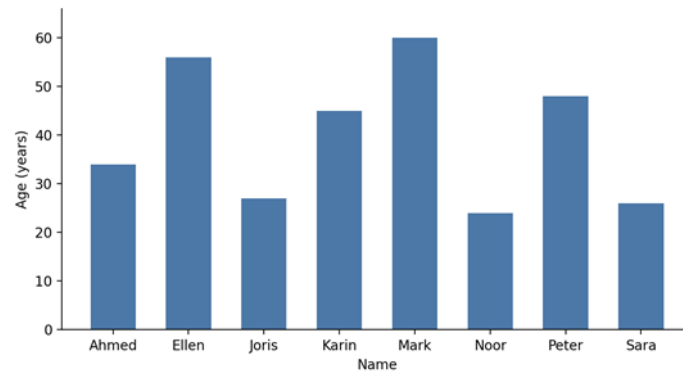


Abbildung 11. Alter (in Jahren) der acht Lehrer einer Mathematikfachbereich.

Dieses Beispiel zeigt, wie ein Case-Value-Plot die Messwerte jedes einzelnen Lehrers darstellt, wodurch sich das Alter der Lehrer leicht vergleichen lässt. Die horizontale Linie bei 40 stellt den Mittelwert aller Messwerte dar. Die Schüler können anhand der Höhe der Säulen visuell abschätzen, wo der Mittelwert liegt, indem sie sozusagen alle Säulen gleich hoch machen: Was über die Linie hinausragt, gleicht das aus, was darunter fehlt (siehe Abbildung 12).

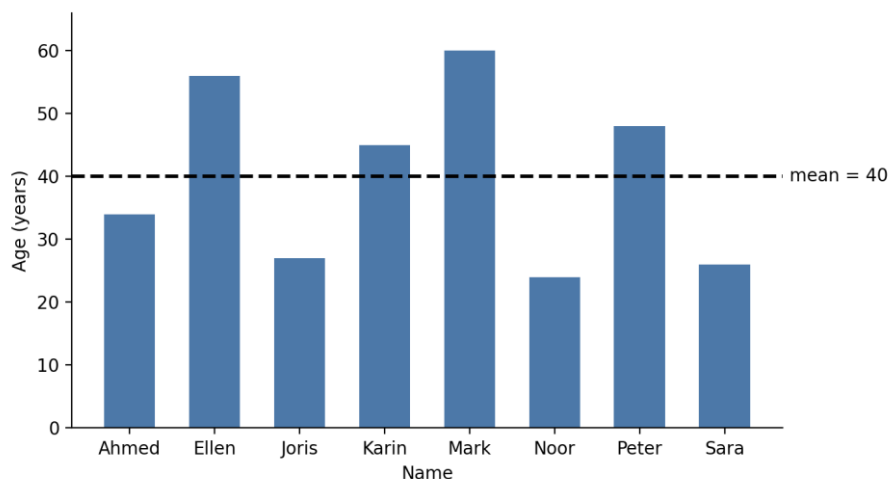


Abbildung 12. Alter (in Jahren) der acht Lehrer eines Mathematikfachbereichs, wobei der Mittelwert als horizontale Linie dargestellt ist.

Unterscheidung von Case-Value-Plots und Histogrammen

Schülerinnen und Schüler verwechseln Case-Value-Plots häufig mit Histogrammen, da beide Säulen verwenden. Nicht jedes Diagramm, das Häufigkeiten darstellt, ist ein Histogramm. Die wichtigsten Unterschiede sind:

- Die horizontale Achse eines Case-Value-Plots stellt eine nominale oder ordinale Variable dar (z. B. Lehrer). Ein arithmetisches Mittel der Lehrernamen wäre nicht sinnvoll. In einem Histogramm stellt die horizontale Achse eine stetige numerische Variable dar, und der Mittelwert (z. B. ein mittleres Alter von 43 Jahren) ist ein sinnvoller Wert, der als senkrechte Linie markiert wird.
- In einem Case-Value-Plot entspricht die Höhe einer Säule dem Messwert eines einzelnen Falls (z. B. dem Alter eines Lehrers). In einem Histogramm entspricht die Höhe einer Säule der Anzahl der Messwerte innerhalb eines Intervalls.
- In einem Case-Value-Plot wird der Mittelwert der einzelnen Messwerte als horizontale Linie dargestellt, die die vertikale Achse schneidet (z. B. bei 40 Jahren). In einem Histogramm wird der Mittelwert als vertikale Linie auf der horizontalen Achse dargestellt.

Um die Streuung in einem Case-Value-Plot zu beurteilen, schaut man sich die Unterschiede in der Höhe der Säulen an: Je weiter die Säulen über und unter dem Mittelwert liegen, desto größer ist die Streuung. In einem Histogramm sagen Unterschiede in der Säulenhöhe etwas über die Häufigkeiten aus, nicht über die Streuung. Dort zeigt sich die Streuung in der Verteilung der Daten entlang der horizontalen Achse. Nehmen wir zum Beispiel an, alle acht Lehrer wären genau 40 Jahre alt. Im Case-Value-Plot hätten dann alle Balken die gleiche Höhe: Es gibt keine Streuung. Würden dieselben Altersangaben in einem Histogramm dargestellt, gäbe es einen hohen Balken und alle anderen Intervalle wären leer. Das sieht ungleichmäßig aus, aber auch hier gibt es keine Streuung, da alle Lehrer gleich alt sind.

Bei Case-Value-Plots konzentrieren sich die Eye-Tracking-Vignetten auf die folgenden systematischen Fehler:

Systematischer Fehler	Definition
Overgeneralisation of a histogram approach	Fälschliche Annahme, dass ein Case-Value-Plot wie ein Histogramm interpretiert werden kann – auf Grundlage von Form oder Gleichgewicht statt anhand der einzelnen Messwerte.
Pairwise stack comparison	Urteil auf Grundlage eines schrittweisen Vergleichs einander entsprechender Stapel/Säulen statt anhand der Verteilung als Ganzes.

4.4 Boxplots

Beschreibung

Ein Boxplot ist eine grafische Darstellung der Verteilung einer quantitativen Variablen, die zentrale statistische Kennwerte wie Median, Spannweite und Interquartilsabstand (IQA) zeigt. Er eignet sich besonders für den schnellen Vergleich von Verteilungen. Der Boxplot besteht

aus einem Rechteck (der „Box“), das die mittleren 50 % der Daten zwischen dem ersten (unteren) und dem dritten (oberen) Quartil darstellt. Der in der Box markierte Median teilt die Daten in zwei nahezu gleich große Teile. Von der Box gehen Linien aus, die sogenannten „Whisker“ (Antennen): eine vom Minimum zum unteren Quartil und die andere vom oberen Quartil zum Maximum (Abbildung 13).

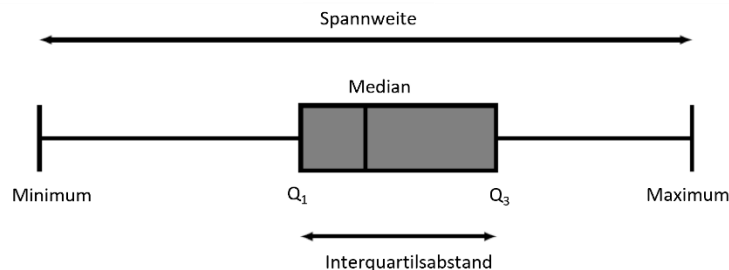


Abbildung 13. Die Boxplot-Darstellung mit zentralen statistischen Kennwerten (Abt et al., 2025).

Ein charakteristisches Merkmal des Boxplots besteht darin, dass die Darstellung Lagemaße (wie den Median) und Streuungsmaße (Spannweite und IQA) nebeneinanderstellt, was ihn nützlich für einen Überblick über Daten macht. Allerdings kann der Boxplot schwer zu interpretieren sein, weil er mehrere Informationen in einer einzigen Visualisierung verdichtet (Bakker et al., 2004).

Erwerb konzeptuellen Wissens über Variabilität

Schülerinnen und Schüler müssen die Fläche der Box als Maß für die Variabilität interpretieren. Im Unterricht liegt der Schwerpunkt jedoch häufig auf prozeduralen Fertigkeiten, etwa dem Zeichnen des Boxplots, ohne ein grundlegendes Verständnis von Variabilität aufzubauen (Edwards et al., 2017). Das ist bedauerlich, denn der Boxplot bietet eine hervorragende Gelegenheit, eine erste Konzeptualisierung von Variabilität zu erwerben. Variabilität als Abweichung von einem Zentrum zu konzeptualisieren (z. B. Standardabweichung), verknüpft Variabilität mit der zentralen Tendenz und erhöht die kognitive Belastung, da Schülerinnen und Schüler mehrere Konzepte gleichzeitig verarbeiten müssen. Variabilität hingegen als Abstand zwischen Grenzen zu konzeptualisieren (z. B. Spannweite, Interquartilsabstand), ist einfacher und intuitiver.

Der Boxplot eignet sich ideal, um diesen Ansatz zu unterrichten, da er den Interquartilsabstand (Fläche der Box) mit der bekannten Spannweite verknüpft und beide Maße in eine gemeinsame Konzeptualisierung von Variabilität als Abstand zwischen Grenzen integriert (Abt et al., 2024). Wenn Lehrende den Schwerpunkt auf konzeptuelles statt auf prozedurales Wissen legen, interpretieren Schülerinnen und Schüler Boxplots nicht nur genauer, sondern erwerben auch konzeptuelles Wissen über Variabilität – eines der beiden Kernkonzepte der Statistik neben der zentralen Tendenz.

Bei Boxplots konzentrieren sich die Eye-Tracking-Vignetten auf die folgenden systematischen Fehler:

Systematischer Fehler	Definition
The overgeneralisation of a median	Urteil auf Grundlage eines ungeeigneten Lagemaßes.
Area (length)–frequency confusion	Fälschliche Annahme, dass eine längere Box eine größere Anzahl von Beobachtungen darstellt.

5. Instruktionsdesign des Kurses (4C/ID)

Die Eye-Tracking-Vignetten des Kurses wurden auf Grundlage des Four-Component-Instructional-Design-Modells (4C/ID) gestaltet. Das 4C/ID-Modell wurde entwickelt, um die Gestaltung von Bildungsprogrammen anzuleiten, die auf die Vermittlung komplexer Fertigkeiten oder beruflicher Kompetenzen abzielen (Van Merriënboer et al., 2002; Van Merriënboer & Kirschner, 2018). Es unterscheidet vier zentrale Komponenten: Lernaufgaben, unterstützende Informationen, prozedurale Informationen und Teilaufgabenübung.

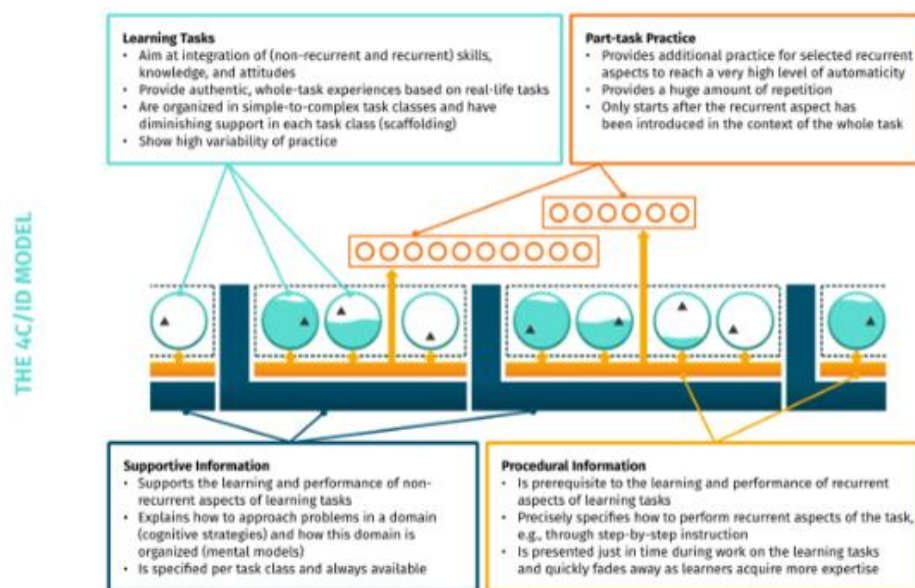


Abbildung 14. Grafischer Überblick über das 4C/ID-Modell

Anmerkung: Eine grafische Darstellung der vier Komponenten: (a) Lernaufgaben, (b) unterstützende Informationen, (c) prozedurale Informationen und (d) Teilaufgabenübungen, von Jeroen J. G. van Merriënboer, 2020, <https://www.4cid.org>. CC-BY-SA 4.0

Im Folgenden wird jede 4C/ID-Komponente in Bezug auf die Gestaltung der Eye-Tracking-Vignetten beschrieben.

5.1 Lernaufgaben

In jeder Vignette werden Lehrkräfte in ein realistisches Unterrichtsszenario versetzt, in dem es um die Interpretation statistischer Diagramme geht – Dotplots, Histogramme, Boxplots und Case-Value-Plots. Die Vignetten sind so gestaltet, dass sie die Art des Denkens widerspiegeln, die von Lehrkräften in ihrer eigenen Praxis erwartet wird.

5.2 Unterstützende Informationen

Jede Vignette wird von Fachwissen zur Interpretation statistischer Diagramme begleitet. Dazu gehören:

- Definitionen und Zwecke der vier Diagrammtypen;
- Beispiele, die zeigen, wie jeder Diagrammtyp im Kontext interpretiert wird;
- kurze Erläuterungen zentraler Merkmale und dazu, worauf beim Lesen der einzelnen Diagramme zu achten ist.

Diese Informationen helfen den Teilnehmenden, relevantes Wissen während der Bearbeitung der Eye-Tracking-Vignetten zu aktivieren.

5.3 Prozedurale Informationen

Die Teilnehmenden lernen verschiedene Arten von Eye-Tracking-Visualisierungen – Gaze-Videos, Heatmaps und Gaze-Plots – als prozedurale Informationen kennen. Beschreibungen dieser Datentypen werden „just in time“ bereitgestellt: Wenn in einer Vignette Eye-Tracking-Daten erscheinen, können die Teilnehmenden die entsprechende Erläuterung über eine Schaltfläche aufrufen. Diese Gestaltung bietet Unterstützung genau dann, wenn sie benötigt wird, ohne die Teilnehmenden vorab zu überfordern.

5.4 Teilaufgabenübung

Am Ende jeder Vignette bearbeiten die Teilnehmenden eine gezielte Aufgabe, die sich auf eine zentrale Teilfertigkeit im Zusammenhang mit dem jeweiligen systematischen Fehler konzentriert. Diese Teilaufgaben umfassen typischerweise:

- die Analyse visueller Aufmerksamkeitsmuster anhand von Eye-Tracking-Daten;
- die Identifikation des in der Vignette erkennbaren systematischen Fehlers;
- die Reflexion darüber, ob derselbe Fehler in einem anderen Kontext mit demselben Diagrammtyp auftreten könnte.

Diese kurzen, fokussierten Übungen helfen den Teilnehmenden, Kernfertigkeiten zu festigen, und unterstützen den Transfer dieser Fertigkeiten auf reale Unterrichtssituationen.

6. Durchführung des Kurses

Dieser Abschnitt bietet Lehrkräftebildenden Hinweise, wie der Kurs in unterschiedlichen Lehrkontexten durchgeführt werden kann. Er skizziert mögliche Formate, den empfohlenen Ablauf der Aktivitäten, die Rolle synchroner Gruppenarbeit und der Einzelarbeit sowie Möglichkeiten, das Denken der Teilnehmenden bei der Arbeit mit den Eye-Tracking-Vignetten zu unterstützen.

6.1 Durchführungsformate

Der Kurs ist in fünf Module gegliedert: eine Einführung in Eye-Tracking sowie je ein Modul zu einem Diagrammtyp: Dotplots, Histogramme, Case-Value-Plots und Boxplots. Er kann sowohl in der Lehrkräfteausbildung als auch in der Lehrkräftefortbildung eingesetzt werden.

Empfohlen wird ein Blended-Learning-Format. In diesem Format werden synchrone Gruppensitzungen mit Einzelarbeit in MaMpf kombiniert. Synchrone Gruppensitzungen können genutzt werden, um den Ansatz des Kurses einzuführen, eine gemeinsame Sprache zu etablieren, ausgewählte Vignetten gemeinsam zu bearbeiten und Diskussionen zu moderieren. Die Einzelarbeit in MaMpf ermöglicht es den Teilnehmenden, die Eye-Tracking-Vignetten und zugehörigen Aufgaben zwischen den Sitzungen in ihrem eigenen Tempo zu bearbeiten.

Der Kurs kann je nach lokalem Kontext auf unterschiedliche Weise durchgeführt werden. Lehrkräftebildende können ihn beispielsweise einsetzen:

- als vollständigen Kurs, in dem alle fünf Module nacheinander bearbeitet werden;
- als Teil einer bestehenden Lehrveranstaltung zur Statistik oder Mathematikdidaktik;
- als kurzes Fortbildungsprogramm;
- als ausgewählte Zusammenstellung von Modulen oder Vignetten mit einem bestimmten inhaltlichen Schwerpunkt.

Die genaue Zeitplanung kann an die verfügbare Zeit und die Bedürfnisse der Teilnehmenden angepasst werden. Wichtig ist jedoch, dass die Teilnehmenden zwischen den Sitzungen ausreichend Zeit haben, sich mit den Vignetten auseinanderzusetzen, eigene Interpretationen zu formulieren und bei Bedarf auf unterstützende Materialien zurückzugreifen. Lehrer brauchen in der Regel 15 bis 30 Minuten, um eine Vignette durchzuarbeiten.

6.2 Empfohlener Kursablauf

Obwohl der Kurs flexibel angepasst werden kann, wird ein einheitlicher Ablauf empfohlen, um die schrittweise Entwicklung des analytischen Denkens der Teilnehmenden über Diagramminterpretationen von Schülerinnen und Schülern zu unterstützen.

Der Kurs beginnt mit einer Einführungssitzung, die mit den Folien 1–10 des Foliensatzes „Teaching Modules“ gestaltet wird. Diese Sitzung eröffnet den Kurs mit einer motivierenden

Frage, führt das Konzept der Eye-Tracking-Vignetten ein und macht die Teilnehmenden mit MaMpf vertraut.

Nach der Einführungssitzung kann jedes Modul demselben Grundzyklus folgen:

1. **Moduleinführung.** Die Lehrkräftebildnerin bzw. der Lehrkräftebildner stellt in einer synchronen Gruppensitzung den Diagrammtyp und den analytischen Schwerpunkt des Moduls kurz vor und nutzt dazu die entsprechenden Folien aus dem Foliensatz „Teaching Modules“.
2. **Einzelarbeit in MaMpf.** Die Teilnehmenden bearbeiten die Eye-Tracking-Vignetten und zugehörigen Aufgaben einzeln. Sie analysieren Antworten und Blickdaten von Schülerinnen und Schülern, formulieren Hypothesen über deren Vorgehensweisen und identifizieren mögliche systematische Fehler und zugrunde liegende konzeptuelle Schwierigkeiten.
3. **Synchrone Gruppendiskussion.** Nach der Einzelarbeit kommen die Teilnehmenden zusammen, um ausgewählte Vignetten zu diskutieren. Die Lehrkräftebildnerin bzw. der Lehrkräftebildner nutzt die Diskussionsfolien im Foliensatz „Teaching Modules“, um das Gespräch zu strukturieren.
4. **Reflexion und Transfer.** Die Teilnehmenden reflektieren, was die Vignettenanalyse über die Interpretationen statistischer Diagramme durch Schülerinnen und Schüler aussagt und wie diese Erkenntnisse ihre eigene Unterrichtspraxis bereichern können.

Auch die Abfolge von synchronen Gruppensitzungen und Einzelarbeit kann variieren. Jedes Modul kann in einer eigenen synchronen Gruppensitzung eingeführt werden, gefolgt von Einzelarbeit in MaMpf und einer Gruppendiskussion in der nächsten Sitzung. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die Teilnehmenden zunächst mehrere oder alle Module selbstständig in MaMpf bearbeiten und anschließend für eine Reihe von Gruppendiskussionen zusammenkommen.

Wenn die Zeit begrenzt ist, können Lehrkräftebildende auch einzelne Vignetten aus verschiedenen Modulen auswählen und sie um einen gemeinsamen analytischen Schwerpunkt herum kombinieren. Beispielsweise können Vignetten, in denen ein ähnlicher systematischer Fehler bei zwei verschiedenen Diagrammtypen auftritt, gemeinsam diskutiert werden, um Vergleich und Transfer zu fördern.

6.3 Moderation synchroner Gruppentreffen

Synchrone Gruppentreffen dienen dazu, den Ansatz einzuführen, eine gemeinsame Sprache zu etablieren und die Art des Denkens zu modellieren, die im Kurs erwartet wird. Diese Sitzungen werden mithilfe des Foliensatzes „Teaching Modules“ strukturiert.

Typische Ziele synchroner Gruppentreffen sind:

- Zweck und Aufbau des Kurses mit Bezug zur eigenen Unterrichtspraxis der Teilnehmenden vorzustellen;

- zentrale Konzepte wie systematische Fehler und die Rolle von Eye-Tracking-Evidenz für das Verständnis der Diagramminterpretationen von Schülerinnen und Schülern einzuführen;
- die Teilnehmenden mit dem Vignettenformat und den in MaMpf verfügbaren Eye-Tracking-Visualisierungen vertraut zu machen;
- zu modellieren, wie Hypothesen über die Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern formuliert werden;
- die Teilnehmenden dabei zu unterstützen, ihre Interpretationen mit Evidenz aus Antworten von Schülerinnen und Schülern, Aufgabenmerkmalen und Eye-Tracking-Visualisierungen zu begründen.

In Diskussionen können Lehrkräftebildende die Teilnehmenden ermutigen, ihre Überlegungen auszuformulieren und sich explizit auf beobachtbare Evidenz zu beziehen. Sie können zum Beispiel fragen: *„Welcher Aspekt des Diagramms, der Antwort der Schülerin bzw. des Schülers oder des Blickmusters stützt diese Interpretation?“*

Das Ziel besteht nicht unbedingt darin, zu einer einzigen richtigen Antwort zu gelangen. Vielmehr geht es darum, die Fähigkeit der Teilnehmenden zu entwickeln, ihre Interpretationen auf Evidenz zu stützen und sorgfältig über mögliche Zusammenhänge zwischen dem beobachtbaren Verhalten von Schülerinnen und Schülern und deren zugrunde liegenden konzeptuellen Schwierigkeiten nachzudenken.

Die in diesem Handbuch vorgestellten theoretischen Rahmenkonzepte können als Analyseperspektiven für die Diskussion genutzt werden. Lehrkräftebildende können die Teilnehmenden beispielsweise dazu anregen, zu überlegen, ob eine beobachtete Antwort einen systematischen Fehler, eine zugrunde liegende konzeptuelle Schwierigkeit oder beides widerspiegelt. Ebenso kann die Unterscheidung zwischen lokalen und globalen Perspektiven auf die Diagramminterpretation den Teilnehmenden helfen zu diskutieren, worauf Schülerinnen und Schüler beim Interpretieren statistischer Diagramme achten.

6.4 Gemeinsame Bearbeitung einer ersten Vignette

Bevor die Teilnehmenden selbstständig in MaMpf arbeiten, empfiehlt es sich, eine Vignette gemeinsam in einer synchronen Gruppensitzung zu bearbeiten. Dies hilft den Teilnehmenden, das Vignettenformat zu verstehen, und modelliert den Denkprozess, der im gesamten Kurs erwartet wird.

Ein geeigneter Ausgangspunkt ist eine in MaMpf verfügbare Beispielvignette. In der gemeinsamen Sitzung können Lehrkräftebildende die Teilnehmenden durch jeden Schritt der Vignettenstruktur führen, wie in Abschnitt 3.3 beschrieben. Dies kann Folgendes umfassen:

- die statistische Aufgabe selbst lösen;
- die Antwort der Schülerin bzw. des Schülers untersuchen;
- die Blickdaten der Schülerin bzw. des Schülers analysieren;
- eine Hypothese über die Vorgehensweise der Schülerin bzw. des Schülers formulieren;
- diese Hypothese mit der Erklärung der Schülerin bzw. des Schülers vergleichen;

- mögliche systematische Fehler und zugrunde liegende konzeptuelle Schwierigkeiten identifizieren.

Diese gemeinsame Analyse sollte genutzt werden, um den Denkprozess explizit zu machen. Lehrkräftebildende können laut denken, die Teilnehmenden bitten, ihre Interpretationen zu begründen, und zeigen, wie verschiedene Evidenzquellen kombiniert werden können.

Nach der Bearbeitung der Vignette kann die zugehörige Diskussionsfolie im Foliensatz „Teaching Modules“ genutzt werden, um eine kurze Reflexion in der Gruppe zu strukturieren, bevor die Teilnehmenden selbstständig in MaMpf weiterarbeiten.

6.5 Begleitung der Einzelarbeit in MaMpf

Im individuellen Teil des Kurses arbeiten die Teilnehmenden mit den Eye-Tracking-Vignetten in MaMpf. MaMpf ist eine Lernumgebung, in der die Teilnehmenden die Eye-Tracking-Vignetten bearbeiten.

Lehrkräftebildende können diesen Prozess unterstützen, indem sie:

- angeben, welche Vignetten zu welchem Modul gehören;
- klären, welche Vignetten die Teilnehmenden bis zum nächsten synchronen Gruppentreffen bearbeiten sollen;
- allgemeine Hinweise zur Herangehensweise an die Vignetten geben;
- die Teilnehmenden ermutigen, Hypothesen über die Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern zu formulieren und zu verfeinern;
- die Teilnehmenden bitten, die Evidenz festzuhalten, auf die sie sich bei der Identifikation systematischer Fehler und zugrunde liegender konzeptueller Schwierigkeiten stützen.

6.6 Diskussionsfolien, Leitfragen und Reflexion

Jedes Modul im Foliensatz „Teaching Modules“ enthält eine oder mehrere Diskussionsfolien. Diese Folien sind für den Einsatz in synchronen Gruppentreffen gedacht, nachdem die Teilnehmenden die Eye-Tracking-Vignetten in MaMpf bearbeitet haben. Sie sind nicht als zusätzlicher theoretischer Input gedacht, sondern als Werkzeuge zur Strukturierung gemeinsamen Nachdenkens und Reflektierens.

Die Diskussionsfolien enthalten jeweils Notizen für Lehrkräftebildende, die im Notizenbereich des Foliensatzes zugänglich sind. Diese Notizen umfassen Leitfragen, die auf die jeweilige Vignette und den auf der Folie behandelten systematischen Fehler zugeschnitten sind. Die Fragen sind über die Module hinweg differenziert, damit im Verlauf des Programms ein breites Spektrum an Aspekten in den Diskussionen behandelt wird.

Die Leitfragen können je nach Modul und Diskussionsfolie unterschiedlichen Zwecken dienen:

- **Den Fehler konzeptualisieren.** Einige Fragen regen die Teilnehmenden dazu an, die Art des systematischen Fehlers zu bestimmen und zu diskutieren: was er über das

Verständnis der Schülerin bzw. des Schülers verrät und wie er sich von verwandten Fehlern unterscheidet.

- **Blickdaten lesen.** Einige Fragen konzentrieren sich auf die Eye-Tracking-Evidenz: worauf bestimmte Blickmuster hindeuten und wie visuelles Verhalten genutzt werden kann, um eine Hypothese über die Vorgehensweise einer Schülerin bzw. eines Schülers zu stützen oder zu verfeinern.
- **Diagrammtypen vergleichen.** Einige Fragen fordern die Teilnehmenden auf zu überlegen, wie dieselben oder ähnliche Fehler bei verschiedenen Diagrammtypen auftreten können, und unterstützen so den Transfer der im Kurs entwickelten analytischen Fähigkeiten.
- **Bezug zur Unterrichtspraxis herstellen.** Einige Fragen regen die Teilnehmenden dazu an zu überlegen, was ein beobachteter Fehler für ihre eigene Unterrichtspraxis bedeutet: was sie eine Schülerin bzw. einen Schüler fragen würden, wie sie eine Anschlussaufgabe gestalten könnten oder was der Fehler über unterrichtliche Prioritäten aussagt.

Beispiele für Leitfragen aus dem Kurs sind:

- Was verrät dieser Fehler über das Verständnis der Schülerin bzw. des Schülers von Häufigkeit im Vergleich zum Datenwert?
- Wie hilft Ihnen das Blickmuster, diesen Fehler von einem zufälligen Versehen zu unterscheiden?
- Wie unterscheidet sich der Fehler „Summe der Häufigkeiten“ von der Verwechslung von Häufigkeit und Wert? Was verrät jeder dieser Fehler über das Verständnis der Schülerin bzw. des Schülers?
- Was würden Sie über das Verständnis einer Schülerin bzw. eines Schülers erfahren, wenn sie bzw. er diesen Fehler bei dieser Aufgabe machen würde?
- Welche Gemeinsamkeiten können Sie in der Vorgehensweise der Schülerin bzw. des Schülers bei zwei verschiedenen Diagrammtypen erkennen?

Nicht alle diese Aspekte müssen in jeder Diskussion behandelt werden. Lehrkräftebildende können die Leitfragen auswählen, die für den aktuellen Schwerpunkt der Sitzung, die ausgewählten Vignetten und den Stand der Teilnehmenden im Kurs am relevantesten sind – beispielsweise mit dem Schwerpunkt auf der Konzeptualisierung von Fehlern in früheren Sitzungen und auf dem Bezug zur Unterrichtspraxis in späteren.

Die Reflexion muss sich nicht auf die Diskussionsfolien beschränken. Zu verschiedenen Zeitpunkten im Kurs können unterschiedliche Aspekte betont werden, und Lehrkräftebildende können die Teilnehmenden ermutigen, ihre Beobachtungen mit zentralen statistischen Ideen wie Verteilung, Lage, Variabilität, Häufigkeit und Datenwerten in Beziehung zu setzen. Nachdem die Teilnehmenden ein oder mehrere Module abgeschlossen haben, kann diese Reflexion durch weiterführende Aktivitäten vertieft werden, etwa:

- wiederkehrende Muster im Denken von Schülerinnen und Schülern über mehrere Vignetten hinweg identifizieren;
- diskutieren, wie beobachtete Muster mit den eigenen Unterrichtserfahrungen der Teilnehmenden zusammenhängen;

- mögliche Reaktionen der Lehrkraft auf die Interpretation einer Schülerin bzw. eines Schülers formulieren;
- eine Anschlussaufgabe gestalten, die helfen könnte, eine beobachtete Schwierigkeit aufzugreifen;
- reflektieren, wie die Eye-Tracking-Daten die Interpretationen der Teilnehmenden verändert, bestätigt oder verfeinert haben.

Auf diese Weise unterstützt der Kurs nicht nur die Analyse konkreter Vignettenfälle, sondern auch die Entwicklung einer umfassenderen Perspektive auf die Vorgehensweisen von Schülerinnen und Schülern bei statistischen Diagrammen. Ziel ist, dass die Teilnehmenden diese Perspektive auf ihre eigene Unterrichtspraxis übertragen können, wenn sie statistische Interpretationen von Schülerinnen und Schülern erkennen und darauf reagieren.

Projektinformationen und Mitwirkende

1. Über das Projekt Eye-Teach-Stats

Eye-Teach-Stats ist ein Erasmus+-Projekt (2023-1-DE03-KA220-SCH-000158223), das angehende und praktizierende Mathematiklehrkräfte dabei unterstützt, systematische Fehler von Schülerinnen und Schülern bei der Interpretation statistischer Diagramme zu erkennen und darauf zu reagieren.

Ziel: Diese Lehrkräfte bei der (Weiter-)Entwicklung ihres statistischen fachdidaktischen Wissens (PCK) und Fachwissens (CK) zu unterstützen – also des Wissens, das erforderlich ist, um Schülerinnen und Schüler zu datenkompetenten Bürgerinnen und Bürgern zu bilden –, indem Gelegenheiten geschaffen werden, (1) statistische (Fehl-)Interpretationen von Schülerinnen und Schülern zu diagnostizieren und (2) aufzugreifen sowie (3) eigene statistische Schwierigkeiten zu überwinden.

Zielgruppe: Lehramtsstudierende, praktizierende Lehrkräfte und Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst im Fach Mathematik sowie die Lehrkräftebildenden, die sie ausbilden.

Format: Ein Fortbildungskurs mit fünf Modulen – Informationen zum Eye-Tracking, Dotplots, Histogramme, Case-Value-Plots und Boxplots –, verfügbar auf Englisch, Deutsch und Niederländisch.

Laufzeit: 1. September 2023 – 31. August 2026

Weitere Informationen: www.eye-teach-stats.eu

2. Projektpartner



3. Autorinnen und Autoren

Die Kursmaterialien von Eye-Teach-Stats wurden gemeinsam von Mitgliedern des Projektkonsortiums entwickelt:

- **Pädagogische Hochschule Heidelberg:** Markus Vogel und Aylene Heursen
- **Pädagogische Hochschule Schwäbisch Gmünd:** Saskia Schreiter
- **HU University of Applied Sciences Utrecht:** Lonneke Boels, Vuslat Şeker und Anita Alexander
- **KU Leuven:** Wim Van Dooren
- **Pädagogische Hochschule Freiburg:** Martin Abt und Frank Reinhold

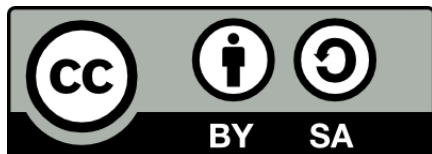
4. Förderung, Haftungsausschluss und Lizenz

Das Projekt ‚Eye-teach-stats‘ (2023-1-DE03-KA220-SCH-000158223) wird von der Europäischen Union finanziert. Die geäußerten Ansichten und Meinungen entsprechen jedoch ausschließlich denen der Autorinnen und Autoren und spiegeln nicht zwingend die der Europäischen Union oder der Nationalen Agentur wider. Weder die Europäische Union noch die Bewilligungsbehörde können dafür verantwortlich gemacht werden.



Co-funded by
the European Union

Kurshandbuch © 2026 vom Projekt Eye-Teach-Stats ist lizenziert unter CC BY-SA 4.0. Eine Kopie dieser Lizenz finden Sie unter creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/



Materialien Dritter: Einige Abbildungen und andere Materialien in diesem Handbuch sind aus externen Quellen übernommen oder adaptiert und unterliegen weiterhin ihren ursprünglichen Lizenzbedingungen. So ist beispielsweise Abbildung 14 einer grafischen Übersicht über das 4C/ID-Modell nachempfunden, die auf 4cid.org veröffentlicht und unter CC BY-SA 4.0 lizenziert ist. Vollständige Quellen- und Lizenzangaben finden sich in den jeweiligen Bildunterschriften und im Literaturverzeichnis.

Literaturverzeichnis

Abt, M., Reinhold, F., & Van Dooren, W. (2023). Revealing cognitive processes when comparing box plots using eye-tracking data—A pilot study. In M. Ayalon, B. Koichu, R. Leikin, L. Rubel, & M. Tabach (Eds.), *Proceedings of the 46th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, pp. 11–18). PME.

Abt, M., Leuders, T., Loibl, K., Strohmaier, A. R., Van Dooren, W., & Reinhold, F. (2024). How can eye-tracking data be used to understand cognitive processes when comparing data sets with box plots? *Frontiers in Education*, 9, Article 1425663. <https://doi.org/10.3389/educ.2024.1425663>

Abt, M., Loibl, K., Leuders, T., Van Dooren, W., & Reinhold, F. (2025). Understanding student errors in comparing data sets with boxplots. *Educational Studies in Mathematics*, 120, 169–193. <https://doi.org/10.1007/s10649-025-10387-z>

Baumert, J., & Kunter, M. (2013). The COACTIV model of teachers' professional competence. In M. Kunter, J. Baumert, W. Blum, U. Klusmann, S. Krauss, & M. Neubrand (Eds.), *Cognitive activation in the mathematics classroom and professional competence of teachers* (Mathematics Teacher Education, Vol. 8, pp. 25–48). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-5149-5_2

Bakker, A. (2004). Reasoning about shape as a pattern in variability. *Statistics Education Research Journal*, 3(2), 64–83.

Bakker, A., Biehler, R., & Konold, C. (2004). Should young students learn about box plots? In G. Burrill & M. Camden (Eds.), *Curricular development in statistics education: International Association for Statistical Education 2004 Roundtable* (pp. 163–173). International Statistical Institute. [https://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/rt04/4.2_Bakker et al.pdf](https://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications/rt04/4.2_Bakker_et al.pdf)

Boels, L. B. M. M. (2023). *Histograms: An educational eye* [Doctoral dissertation, Utrecht University]. Utrecht University Repository. <https://doi.org/10.33540/1867>

Boels, L., Bakker, A., & Drijvers, P. (2019a). Eye tracking secondary school students' strategies when interpreting statistical graphs. In M. Graven, H. Venkat, A. A. Essien, & P. Vale (Eds.), *Proceedings of the Forty-Third Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 2, pp. 113–120). PME. <https://www.igpme.org/wp-content/uploads/2019/07/PME43-proceedings.zip>

Boels, L., Bakker, A., & Drijvers, P. (2019b). Unravelling teachers' strategies when interpreting histograms: An eye-tracking study. In U. T. Jankvist, M. Van den Heuvel-Panhuizen, & M. Veldhuis (Eds.), *Proceedings of the Eleventh Congress of the European Society for Research in Mathematics Education* (pp. 888–895). Freudenthal Group & Freudenthal Institute, Utrecht University, and ERME. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02411575/document>

Boels, L., Lyford, A., Bakker, A., & Drijvers, P. (2023a). Assessing students' interpretations of histograms before and after interpreting dotplots: A gaze-based machine

learning analysis. *Frontline Learning Research*, 11(2), 1–30.
<https://doi.org/10.14786/flr.v11i2.1139>

Boels, L., & Van Dooren, W. (2023b). Secondary school students interpreting and comparing dotplots: An eye-tracking study. In M. Ayalon, B. Koichu, R. Leikin, L. Rubel & M. Tabach (Eds.), *Proceedings of the 46th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, 2, (pp. 123–130). PME. Haifa, Israel.
https://www.researchgate.net/publication/372448356_Secondary_school_students_interpreting_and_comparing_dotplots_An_eye-tracking_study

Boels, L., Bakker, A., Van Dooren, W., & Drijvers, P. (2025). Secondary school students' strategies when interpreting histograms and case-value plots: An eye-tracking study. *Educational Studies in Mathematics*, 118(3), 479–503.
<https://doi.org/10.1007/s10649-024-10351-3>

Edwards, T. G., Özgün-Koca, A., & Barr, J. (2017). Interpretations of boxplots: Helping middle school students to think outside the box. *Journal of Statistics Education*, 25(1), 21–28. <https://doi.org/10.1080/10691898.2017.1288556>

Freedman, D., Pisani, R., & Purves, R. (1978). *Statistics*. W. W. Norton & Co.

Heursen, A., Seker, V., Alexander, A., Van Dooren, W., Schreiter, S., Reinhold, F., Boels, L., Abt, M., & Vogel, M. (2025). Systematic Errors When Interpreting Statistical Graphs – a Systematic Literature Review. In C. Cornejo, P. Felmer, D. M. Gómez, P. Dertnell, P. Araya, A. Peri, & V. Randolph (Eds.), *Proceedings of the 48th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education: Research Reports* (Vol. 1). PME.

Loibl, K., Leuders, T., & Dörfler, T. (2020). *A Framework for explaining teachers' diagnostic judgments by cognitive modeling (DiaCoM)*. *Teaching and Teacher Education*, 91, 103059. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2020.103059>

RIVM (2022). [data] Original link: <https://data.rivm.nl/meta/srv/dut/catalog.search;jsessionid=8C7C4450AE5BB96DC4C6F9701E53BF7E#/metadata/2c4357c8-76e4-4662-9574-1deb8a73f724?tab=relations> Permanent link: <https://data.overheid.nl/dataset/34ff61d8-17a6-49a6-94db-90826562f8b5>

Schreiter, S., & Vogel, M. (2022). Drawing inference from data when comparing groups: An eye-tracking study. In C. Fernández, S. Llinares, A. Gutiérrez, & N. Planas (Eds.), *Proceedings of the 45th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, p. 285). PME.

Schreiter, S., & Vogel, M. (2023a). Eye-tracking measures as indicators for a local vs. global view of data. *Frontiers in Education*, 7, Article 1058150.
<https://doi.org/10.3389/feduc.2022.1058150>

Schreiter, S., & Vogel, M. (2023b). Statistical thinking and viewing patterns when comparing data distributions: An eye-tracking study with 6th and 8th graders. In M. Ayalon, B. Koichu, R. Leikin, L. Rubel, & M. Tabach (Eds.), *Proceedings of the 46th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education* (Vol. 4, pp. 179–186). PME.

Schreiter, S., & Vogel, M. (2024). Students' local vs. global views of data distributions: A cross-grade-level analysis using eye-tracking. *Educational Studies in Mathematics*. <https://doi.org/10.1007/s10649-024-10352-2>

Van Merriënboer, J. J. G., Clark, R. E., & de Croock, M. B. M. (2002). Blueprints for complex learning: The 4C/ID-model. *Educational Technology Research and Development*, 50(2), 39–64. <https://doi.org/10.1007/BF02504993>

Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2018). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design* (3rd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315113210>

Van Merriënboer, J. J. G. (2020). *Graphical view on the four components*. <https://4cid.org>