**Frankfurt University of Applied Sciences**

Fachbereich Informatik

Projektbericht im Rahmen der Lehrveranstaltung

**Human Computer Interaction (HCI)**

**Emoji Color Memory**

Wintersemester 2025/2026

Prof. Dr.-Ing. Matthias Deegener

Autorinnen und Autoren:

Younes Wimmer · John Grosch · Parnia Esfahani

Frankfurt am Main, Januar 2026

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung

2. Theoretischer Hintergrund

2.1 Wahrnehmung

2.2 Gedächtnis

2.3 Interaktion

2.4 Handlungsmodelle

2.5 Usability und mentale Belastung

3. Konzept und Implementierung

3.1 Projektziel und Forschungsfragen

3.2 Technologie-Stack und Architektur

3.3 Gestaltung der Benutzeroberfläche

3.4 Audio-Feedback und Gamification

4. Analyse nach HCI-Prinzipien

4.1 Heuristische Evaluation

4.2 Barrierefreiheit und Inklusion

4.3 Kognitive Belastung und Lernförderlichkeit

5. Evaluation und Reflexion

5.1 Methodik

5.2 Ergebnisse und Interpretation

5.3 Lessons Learned

6. Fazit

7. Quellenverzeichnis

# 1. Einleitung

Im Rahmen der Vorlesung \*Human Computer Interaction\* (HCI) wurde das Projekt Emoji Color Memory als praxisorientierte Anwendung konzipiert und implementiert. Ziel war es, zentrale Gestaltungsprinzipien der Mensch-Computer-Interaktion erlebbar zu machen und mit empirischen Erkenntnissen aus Wahrnehmungs-, Gedächtnis- und Interaktionsforschung zu verknüpfen. Aufbauend auf der Vorlesungsunterlage von Deegener [1] wurde ein Spiel entwickelt, das die Grenzen des visuellen Kurzzeitgedächtnisses austestet und unterschiedliche Feedback-Kanäle kombiniert, um motivierende Lernerfahrungen zu erzeugen.

Der Bericht dokumentiert den vollständigen Entwicklungsprozess: Er beleuchtet zunächst theoretische Grundlagen, bevor er Konzeptions- und Implementierungsentscheidungen detailliert beschreibt. Anschließend werden die getroffenen Gestaltungsentscheidungen anhand etablierter HCI-Heuristiken bewertet und empirische Evaluationsergebnisse diskutiert. Abschließend werden Implikationen für zukünftige Arbeiten skizziert und die gewonnenen Erkenntnisse kritisch reflektiert.

Methodisch folgt der Bericht dem Vorgehen eines designorientierten Forschungsprojekts: Nach der Problemdefinition wurden relevante theoretische Konzepte analysiert, Prototypen entwickelt und im Rahmen einer formativen Evaluation mit Nutzerinnen und Nutzern getestet. Die gewonnenen Einsichten flossen in Iterationen des Interfaces ein. Parallel dazu wurde ein wissenschaftlicher Bezugsrahmen gepflegt, der sowohl hochschulinterne Quellen (z. B. das HCI-Vorlesungsskript) als auch externe Literatur aus Forschung und Normierung berücksichtigt [2][3][4][5][6][7][8].

# 2. Theoretischer Hintergrund

Der theoretische Unterbau des Projekts basiert auf einer Synthese klassischer und moderner HCI-Modelle. Als zentraler Referenzrahmen dient das Vorlesungsskript von Deegener [1], das die Themen Wahrnehmung, Gedächtnis, Interaktion, Handlungsmodelle sowie Usability und mentale Belastung systematisch aufbereitet. Ergänzend wurden normative Vorgaben (ISO 9241-110 [6]) und empirische Studien zur kognitiven Belastung [2][3][7] herangezogen. Dadurch entstand ein multi-disziplinäres Fundament, das psychologische und technische Perspektiven gleichtaktig berücksichtigt. Die folgenden Unterkapitel fassen die für das Projekt relevanten Konzepte zusammen und leiten konkrete Gestaltungsanforderungen ab.

## 2.1 Wahrnehmung

Visuelle Wahrnehmungsprozesse bestimmen maßgeblich, wie Nutzerinnen und Nutzer grafische Oberflächen interpretieren. Deegener [1] betont die Bedeutung von Gestaltgesetzen (Nähe, Ähnlichkeit, Prägnanz), Farbräumen sowie Kontrastgestaltung. Im Spiel wird dieses Wissen genutzt, indem Farbwörter als primäre Informationsträger fungieren und bewusst mit Hintergrundfarben kontrastiert werden. Die responsive Flet-Oberfläche ermöglicht es, Layout und Typografie konsistent auf unterschiedlichen Bildschirmgrößen darzustellen, wodurch wahrnehmungspsychologisch relevante Kriterien wie visuelle Hierarchie, Balance und Lesbarkeit dauerhaft eingehalten werden.

Ergänzend liefert die Gestaltpsychologie Hinweise zur Strukturierung von Informationsclustern. Durch gleichmäßige Abstände und die semantische Gruppierung von Bedienelementen (z. B. Start-, Stop- und Menü-Buttons) entsteht ein visuelles Ordnungssystem, das mental leicht zu erfassen ist. Kontrastreiche Farbwechsel zwischen Hintergrund und Schrift reduzieren die Gefahr von Fehlinterpretationen und unterstützen Nutzerinnen und Nutzer mit reduzierter Sehschärfe oder Farbsehschwächen, zumal Farbcodes zusätzlich durch textuelle Labels redundanzfrei abgesichert werden [8].

Eine weitere Dimension ist die zeitliche Wahrnehmung. Animierte Übergänge (z. B. sanftes Hervorheben korrekter Antworten) folgen Prinzipien der Wahrnehmungspsychologie, in denen kurze Verzögerungen die Informationsverarbeitung unterstützen, ohne den Flow zu unterbrechen. Das Spiel setzt Animationen sparsam ein und vermeidet visuelle Überladung. Damit wird die Empfehlung nach Deegener [1] umgesetzt, kognitive Ressourcen zu schützen, indem unimodale Reize priorisiert werden, solange ein Lernziel (hier: Memorieren von Sequenzen) im Vordergrund steht.

## 2.2 Gedächtnis

Das Spielprinzip zielt auf das episodische Kurzzeitgedächtnis. Baddeley [2] beschreibt das Arbeitsgedächtnis als System aus phonologischer Schleife, visuell-räumlichem Notizblock und Kontrollinstanz. Emoji Color Memory operiert primär auf der visuellen Subkomponente, fordert jedoch auch die zentrale Exekutive, da Nutzerinnen und Nutzer Farbnamen aktiv mit Farben abgleichen müssen. Die sukzessive Verlängerung der Sequenz adressiert das bekannte Limit von sieben ± zwei Elementen, wodurch sich Lernkurven und Abbruchpunkte analysieren lassen.

Sweller [3] und Mayer [7] zeigen, dass kognitive Belastung durch klare Instruktionen, Chunking und redundante Kodierung reduziert werden kann. Das Spiel reagiert darauf mit einer Kombination aus textlichem Feedback, visuellen Hinweisen und optionalem Audio. Benutzerinnen und Benutzer erhalten unmittelbar nach jeder Runde eine Erfolgs- oder Fehlermeldung, wodurch sich mentale Modelle stabilisieren. Zusätzlich werden Zwischenergebnisse (z. B. aktuelle Runde, persönliche Bestleistung) sichtbar gehalten, um das Langzeitgedächtnis zu aktivieren und Motivation durch Zieltransparenz zu steigern.

Das im Projekt implementierte Scoring-System speichert Highscores persistent. Dadurch entsteht eine externe Gedächtnisstütze, die laut Norman [4] den Wechsel von internem zu externem Gedächtnis erleichtert. Nutzerinnen und Nutzer müssen sich vergangene Leistungen nicht merken, sondern können auf gespeicherte Daten zurückgreifen. Gleichzeitig motiviert das sichtbare Fortschrittssystem zur Wiederholung der Aufgabe und unterstützt somit den langfristigen Wissenserwerb.

## 2.3 Interaktion

Interaktion wird in der HCI-Literatur als wechselseitiger Dialog beschrieben, der durch wahrnehmbare Systemzustände, unmittelbares Feedback und klare Aktionsmöglichkeiten geprägt ist. Das Projekt folgt der Direct-Manipulation-Paradigmatik: Alle wesentlichen Aktionen (Starten, Stoppen, Auswählen von Farben) sind durch Buttons bzw. Touch-Flächen direkt erreichbar. Die Oberfläche reagiert in Echtzeit auf Eingaben, wodurch die von Nielsen [5] geforderte Sichtbarkeit des Systemstatus erfüllt wird.

Die Interaktionsgestaltung ist auch von ISO 9241-110 [6] beeinflusst, die Grundsätze wie Aufgabenangemessenheit, Selbstbeschreibungsfähigkeit, Steuerbarkeit und Fehlertoleranz formuliert. Emoji Color Memory implementiert beispielsweise eine Undo-ähnliche Funktion, indem Fehlversuche sofort erkannt und kommuniziert werden, ohne das Spiel abrupt zu beenden. Spielerinnen und Spieler erhalten die Möglichkeit, unmittelbar neu zu starten, was die Steuerbarkeit erhöht. Zudem werden Eingabeelemente so beschriftet, dass ihre Funktion ohne zusätzliches Hilfemenü verständlich bleibt (Selbstbeschreibungsfähigkeit).

Ein besonderes Augenmerk liegt auf multimodalem Feedback. Neben visuellen Rückmeldungen liefert das System Audio-Hinweise bei Erfolg oder Misserfolg. Die Kombination unterschiedlicher Modalitäten folgt dem Redundanzprinzip aus dem Cognitive Theory of Multimedia Learning [7], sofern sie sorgfältig abgestimmt ist. Daher wurden Lautstärken, Tonhöhen und Frequenz der Signale so gewählt, dass sie informativ bleiben, ohne zu überfordern oder abzulenken.

## 2.4 Handlungsmodelle

Handlungsmodelle wie das Model Human Processor oder das GOMS-Modell beschreiben, wie Nutzerinnen und Nutzer Aufgaben in mentale und physische Schritte zerlegen. Deegener [1] verweist auf die Bedeutung dieser Modelle für das Interface-Design. Emoji Color Memory orientiert sich insbesondere am GOMS-Denkmodell, indem jede Runde aus einer klaren Sequenz von Operatoren besteht: Wahrnehmen des Wortes, Enkodieren der Reihenfolge, Auswählen der Kachel und Validieren der Lösung. Die UI reduziert Kontextwechsel und unterstützt so schnelle kognitive Durchläufe.

Norman [4] beschreibt im Gulf-of-Execution/Gulf-of-Evaluation-Modell zwei wesentliche Distanzen zwischen Nutzerintention und Systemrückmeldung. Um diese Kluft zu minimieren, bietet das Spiel eine eindeutige Abbildung zwischen Aktion und Ergebnis: Beim Tippen einer Kachel leuchtet diese auf, die Auswahl wird textuell bestätigt und der verbleibende Timer (falls aktiviert) aktualisiert sich. Dadurch entsteht eine geschlossene Feedback-Schleife, die das Risiko von Fehlinterpretationen verringert.

Das Projekt implementiert außerdem Elemente der Activating Knowledge in Memory (AKM)-Strategie, indem es Nutzerinnen und Nutzer nach ihrer Eingabe mit einer Lösungsvorschau konfrontiert. Diese Rückschau dient der mentalen Modellbildung und ist ein zentrales Element vieler HCI-Handlungsmodelle, die das Lernen durch wiederholte Handlungszyklen betonen [1].

## 2.5 Usability und mentale Belastung

Usability wird als Ausmaß verstanden, in dem ein System effektiv, effizient und zufriedenstellend nutzbar ist. ISO 9241-11 ergänzt diese Definition um Kontextfaktoren wie Benutzergruppe, Aufgaben und Ressourcen. Im Projekt wurde Usability durch iterative Tests mit Studierenden überprüft. Mentale Belastung ist dabei eine zentrale Kennzahl: Sie ergibt sich aus dem Verhältnis zwischen kognitiven Anforderungen und verfügbaren Ressourcen. Unterstützt durch Erkenntnisse aus der Vorlesung [1] wurden UI-Elemente verschlankt, um extrinsische Last zu minimieren.

Sweller [3] differenziert zwischen intrinsischer, extrinsischer und lernrelevanter kognitiver Last. Emoji Color Memory bearbeitet primär die intrinsische Last (Aufgabenkomplexität) und versucht, extrinsische Last (z. B. unklare Instruktionen) zu reduzieren. Der freiwillige Timer stellt ein Instrument dar, um die wahrgenommene Schwierigkeit an individuelle Präferenzen anzupassen. Dadurch wird Selbstregulation ermöglicht, ein zentrales Element lernförderlicher Systeme [7].

Um mentale Modelle zu stabilisieren, werden progressive Offenlegungen eingesetzt: Neue Elemente wie Highscore-Dialoge oder Auswertungsstatistiken erscheinen erst, wenn sie relevant werden. Diese Progression berücksichtigt den Zeigarnik-Effekt und verhindert, dass unvollständige Aufgaben den Fokus übermäßig binden. Die farblich abgestimmte Feedback-Anzeige (z. B. Grün für Erfolg, Rot für Fehler) nutzt kulturell etablierte Bedeutungszuweisungen, was die mentale Verarbeitung beschleunigt.

# 3. Konzept und Implementierung

Das Konzept von Emoji Color Memory vereint spielerische Elemente mit einem klaren Lernziel: das Trainieren des visuellen Arbeitsgedächtnisses. Von Beginn an stand fest, dass das Projekt als vollwertige Desktop-App mit responsivem Layout realisiert werden soll. Als Entwicklungsrahmen fiel die Wahl auf Flet, da die Bibliothek eine schnelle Umsetzung moderner UI-Paradigmen ermöglicht und gleichzeitig gute Unterstützung für Animationen und Hot-Reload bietet. Im Folgenden werden die konzeptionellen Entscheidungen und die technische Umsetzung detailliert beschrieben.

## 3.1 Projektziel und Forschungsfragen

Leitende Forschungsfragen waren: (1) Wie lässt sich ein Spiel gestalten, das kognitive Herausforderungen bietet, ohne Frustration zu erzeugen? (2) Welche Rolle spielen visuelles und auditives Feedback für das subjektive Flow-Erleben? (3) Inwiefern können HCI-Grundsätze messbar zur Verbesserung der Usability beitragen? Zur Beantwortung dieser Fragen wurde zunächst ein Anforderungskatalog erstellt, der auf Erkenntnissen aus der Vorlesung sowie auf einschlägigen Publikationen basiert [1][4][5].

Der Katalog definierte funktionale Anforderungen (Anzeige von Sequenzen, Eingabeprüfung, Highscore-Verwaltung) sowie nicht-funktionale Anforderungen (Responsivität, Barrierefreiheit, Wartbarkeit). Übergeordnetes Ziel war es, ein System zu bauen, das sowohl in Lehrveranstaltungen demonstriert als auch durch Endnutzerinnen genutzt werden kann. Deshalb wurden modulare Komponenten geschaffen, die für andere Projekte wiederverwendet werden können (z. B. die Audio-Steuerung oder das Sequenz-Engine-Modul).

Aus didaktischer Perspektive sollte das Spiel verdeutlichen, wie Menschen Informationen wahrnehmen, speichern und abrufen. Das Konzept umfasst daher detaillierte Statusanzeigen, Zeitmessung und eine Auswertung nach jeder Runde. Ergänzend werden Reflexionsfragen im wissenschaftlichen Bericht diskutiert, um die gewonnenen Daten theoretisch einzuordnen.

## 3.2 Technologie-Stack und Architektur

Die Implementierung basiert auf Python 3.12. Als zentrales UI-Framework dient Flet, das Flutter über eine Python-Schnittstelle ansteuert. Dadurch können Material-Design-Komponenten verwendet werden, ohne auf native Plattform-Frameworks angewiesen zu sein. Das Spiel ist in modulare Dateien gegliedert: `color\_memory.py` orchestriert die UI, `game.py` kapselt Logik und Highscore-Verwaltung, `audio.py` überprüft verfügbare Sound-Backends, `config.py` stellt Farb- und Pfadkonstanten bereit, und `utils.py` enthält Hilfsfunktionen.

Die Architektur folgt dem Model-View-Controller-Prinzip. Das Model (`ColorMemoryEngine`) verwaltet Sequenzen, berechnet Zeitkontingente und speichert Highscores als JSON. Der View wird durch Flet-Komponenten abgebildet (Container, Columns, Buttons). Controller-Funktionalität liegt in Methoden, die Asynchronität handhaben (`\_spawn`, `\_start\_timer`). Die lose Kopplung erlaubt es, UI-Elemente anzupassen, ohne die Kernlogik zu verändern.

Besonderes Augenmerk wurde auf Asynchronität und Thread-Sicherheit gelegt. Flet stellt mit `page.run\_task` eine API bereit, um Coroutine-Aufgaben auszuführen, ohne den UI-Thread zu blockieren. Das Spiel nutzt diese Mechanik für Timer, Animationsschleifen und Musiksteuerung. Dadurch bleibt das Interface responsiv, was insbesondere bei längeren Runden entscheidend ist. Die Timer-Implementierung wurde so optimiert, dass Zeitwerte in 0,1-Sekunden-Schritten aktualisiert werden, um eine flüssige Wahrnehmung sicherzustellen.

## 3.3 Gestaltung der Benutzeroberfläche

Das visuelle Design lehnt sich an freundliche Pastellfarben an, um eine ruhige Lernumgebung zu schaffen. Farbpaletten und Typografie wurden aus dem Material-Design-Ökosystem übernommen und anschließend für das Projekt angepasst. Die Startansicht zeigt ausschließlich das Projektlogo sowie zentrale Call-to-Actions (Name eingeben, Spiel starten, Beenden). Auf textuelle Überschriften im Titelbereich wurde verzichtet, um visuelle Klarheit zu erzielen und den Fokus auf das Logo zu legen.

Die Spielfläche organisiert Inhalte in klaren Abschnitten: Statistiken, Wortanzeige, Kachelfeld, Feedback-Zone und Steuerung. Responsive Rows und Columns sorgen dafür, dass sich das Layout auf Tablets oder kleineren Displays automatisch anpasst. Buttons besitzen großzügige Touch-Zonen (mindestens 44×44 px), was den Anforderungen der WCAG 2.2 an Eingabeelemente entspricht [8].

Um Barrierefreiheit zu unterstützen, wurden Farbkontraste mit gängigen Tools überprüft. Entscheidende Informationen (z. B. Restzeit, Rundenstatus) sind nicht ausschließlich farblich kodiert, sondern werden zusätzlich textuell dargestellt. Der Timer ist standardmäßig deaktiviert, damit Personen mit höherem Reflexionsbedarf nicht unter Zeitdruck geraten. Diese Entscheidung folgt Empfehlungen zur inklusiven Gestaltung aus ISO 9241-110 [6].

## 3.4 Audio-Feedback und Gamification

Audio-Feedback dient als ergänzende Informationsquelle. Positive Ereignisse lösen helle, kurze Sounds aus, während Fehler mit tieferen Tönen signalisiert werden. Die Auswahl basiert auf psycho-akustischen Prinzipien, nach denen höhere Frequenzen als positiver wahrgenommen werden. Gleichzeitig wurde darauf geachtet, dass die Töne kurz genug sind, um nicht störend zu wirken. Nutzerinnen und Nutzer können die Musik vollständig deaktivieren, falls sie bevorzugt in stillen Umgebungen spielen.

Gamification-Elemente umfassen Highscores, Badges (visuell durch Feedback-Texte realisiert) und Mikro-Erfolge. Diese Mechaniken richten sich nach Forschungsergebnissen, die einen Zusammenhang zwischen unmittelbarem Feedback und Motivation herstellen [7]. Durch das Speichern des besten Scores entsteht ein langfristiger Anreiz zur Wiederholung. Zusätzlich dokumentiert das Spiel Sitzungsdauer und liefert strukturierte Zusammenfassungen nach jeder Runde, was die Selbstbeobachtung fördert.

# 4. Analyse nach HCI-Prinzipien

Um die Qualität des Designs zu evaluieren, wurde eine heuristische Analyse auf Basis der zehn Usability-Heuristiken nach Nielsen [5] sowie der sieben Dialogprinzipien der ISO 9241-110 [6] durchgeführt. Darüber hinaus wurden barrierefreie Gestaltungskriterien (WCAG 2.2 [8]) und kognitive Belastungsmodelle [3][7] herangezogen. Die Analyse zeigt, in welchen Bereichen das Produkt bereits überzeugt und wo Potenzial für weitere Optimierungen besteht.

## 4.1 Heuristische Evaluation

\*Sichtbarkeit des Systemstatus:\* Das Spiel informiert kontinuierlich über Runde, verbleibende Zeit und erreichten Highscore. Farbwechsel und Textfeedback reflektieren unmittelbar, ob Eingaben korrekt waren. Die Timer-Visualisierung in Zehntelsekunden sorgt für fein granular wahrnehmbaren Fortschritt.

\*Übereinstimmung zwischen System und realer Welt:\* Das Spiel verwendet alltagsnahe Farbbezeichnungen und intuitive Symbole (z. B. Play-, Stop-Icons). Dadurch werden mentale Modelle unterstützt, wie sie Norman [4] empfiehlt.

\*Benutzerkontrolle und Freiheit:\* Spielerinnen können jederzeit zum Hauptmenü zurückkehren, das Spiel stoppen oder neu starten. Fehlbedienungen führen nicht zu irreversiblen Zuständen; stattdessen erscheinen verständliche Hinweise.

\*Konsistenz und Standards:\* Farbcodierungen, Typografie und Interaktionsmuster bleiben über alle Ansichten hinweg konsistent. Buttons besitzen identische Formen und Abstände.

\*Fehlervermeidung:\* Durch deaktivierte Kacheln in der Memorierphase wird verhindert, dass Eingaben zu früh erfolgen. Bestätigungsdialoge erscheinen, bevor Highscores zurückgesetzt werden.

\*Wiedererkennen statt Erinnern:\* Wichtige Aktionen sind sichtbar angeordnet, die letzten Eingaben werden in Textform angezeigt. Das reduziert Gedächtnisbelastung.

\*Flexibilität und Effizienz:\* Fortgeschrittene Nutzerinnen können per Tastatur steuernde Hotkeys ergänzen (über Flet leicht erweiterbar). Timer und Musikoptionen bieten Konfigurierbarkeit.

\*Ästhetik und minimalistisches Design:\* Die Oberfläche vermeidet unnötige grafische Elemente. Farbflächen dienen klaren Funktionen.

\*Fehlerdiagnose und -behebung:\* Fehlermeldungen beschreiben Ursache und Lösung (z. B. „Falsch! Runde X geschafft. Lösung: …“).

\*Hilfe und Dokumentation:\* Die README erklärt Installation und Bedienungsschritte. Im Bericht wird konzeptionelle Hilfestellung gegeben.

## 4.2 Barrierefreiheit und Inklusion

Die Gestaltung richtet sich nach WCAG 2.2 Level AA. Kontraste zwischen Text und Hintergrund liegen über dem empfohlenen Minimum (4,5:1 für regulären Text). Wichtige Statusmeldungen werden redundant dargestellt (Text, Icons, Farben). Die Bedienung über Tastatur ist in Flet nativ möglich, wodurch auch Menschen mit motorischen Einschränkungen unterstützt werden.

Der freiwillige Timer adressiert unterschiedliche Verarbeitungs- und Reaktionsgeschwindigkeiten. Spielerinnen, die mehr Zeit benötigen, können ohne Nachteile agieren. Zusätzlich wird der Nameingabeschritt optional gehalten, um anonymes Spielen zu erlauben. Fehlertoleranz zeigt sich darin, dass Eingaben nicht sofort zum Spielende führen, sondern reflektiert und erklärt werden.

Für Personen mit Hörbeeinträchtigungen sind Audio-Hinweise optional und durch visuelles Feedback ersetzt. Umgekehrt ermöglicht die Audioausgabe sehbehinderten Personen zusätzliche Orientierung. Perspektivisch könnte ein Screenreader-Modus ergänzt werden, was im Fazit als Ausblick thematisiert wird.

## 4.3 Kognitive Belastung und Lernförderlichkeit

Die Analyse stützt sich auf das Cognitive Load Theory Framework [3][7]. Die intrinsische Belastung steigt linear mit der Sequenzlänge, wird jedoch durch progressive Einführung neuer Farben moderiert. Extrinsische Belastung bleibt gering, da der Screen nur relevante Informationen enthält. Lernförderliche Belastung entsteht durch gezielte Feedback-Sequenzen, die das Verständnis vertiefen.

Eine Mikroanalyse der Spielschritte zeigt, dass jede Runde eine klare Lernschleife abbildet: Wahrnehmung – Memorierung – Reproduktion – Feedback. Dieses Muster entspricht dem Experiential-Learning-Zyklus und fördert selbstreguliertes Lernen. Durch die persistente Highscore-Funktion werden Erfolge externalisiert, was laut Norman [4] die Motivation steigert.

Die Implementation eines optionalen Timers bedient unterschiedliche Lernstile. Ohne Timer bleibt mehr Raum für reflektives Vorgehen; mit Timer entsteht eine leistungsorientierte Herausforderung. In Tests berichteten Teilnehmende, dass der Timer als „Stress-Booster“ fungiert, der jedoch dank der Deaktivierbarkeit nicht als Zwang empfunden wird.

# 5. Evaluation und Reflexion

Die Evaluation umfasste qualitative Nutzertests (Think-Aloud mit sechs Studierenden) sowie quantitative Metriken (Fehlerrate, durchschnittliche Rundenanzahl). Ergänzend wurden subjektive Einschätzungen zur wahrgenommenen Lernkurve und zum Flow-Erleben erhoben. Die Kombination aus heuristischer und empirischer Evaluation erlaubt eine ganzheitliche Beurteilung der Systemqualität.

## 5.1 Methodik

Für die qualitative Erhebung wurden zwei Iterationen mit je drei Teilnehmenden durchgeführt. Aufgabe war es, mindestens fünf Runden zu absolvieren und anschließend eine Reflexionsfrage zu beantworten. Währenddessen wurden Kommentare, Frustrationsmomente und Vorschläge protokolliert. Ergänzend wurde die NASA-TLX-Skala abgefragt, um wahrgenommene kognitive Belastung zu messen.

Quantitative Daten wurden über Logfiles erfasst: Anzahl der korrekt erinnerte Sequenzen, durchschnittliche Reaktionszeiten und Nutzung des Timers. Zur Auswertung kamen deskriptive Statistiken zum Einsatz. Aufgrund der kleinen Stichprobe wurde bewusst auf inferenzstatistische Tests verzichtet.

## 5.2 Ergebnisse und Interpretation

Die Testerinnen erreichten im Mittel 6,8 Runden (SD = 1,4). Mit aktiviertem Timer sank die Durchschnittsleistung leicht, jedoch gaben Teilnehmende an, dass der Timer den Spielspaß erhöhe – vorausgesetzt, sie konnten ihn selbst aktivieren. Die NASA-TLX-Werte lagen im moderaten Bereich; mentale Belastung wurde als „herausfordernd, aber nicht überfordernd“ beschrieben.

Qualitatives Feedback bestätigte die Klarheit des Interfaces. Besonders hervorgehoben wurden das sofortige Feedback bei Fehlern sowie die Lösungsvorschau im Game-Over-Dialog. Kritische Hinweise betrafen die Dauer der Zwischenanimationen und den Wunsch nach zusätzlichen Schwierigkeitsgraden. Diese Anregungen flossen in ein Backlog für zukünftige Versionen ein.

Aus HCI-Sicht lässt sich interpretieren, dass das Design die Balance zwischen Herausforderung und Unterstützung gut trifft. Die Kombination aus visuellen, auditiven und textlichen Hinweisen folgt den in [1], [4] und [7] beschriebenen Best Practices. Gleichzeitig zeigt sich Potenzial, die Personalisierung weiter auszubauen (z. B. adaptive Timer-Vorschläge basierend auf bisherigen Leistungen).

## 5.3 Lessons Learned

Die Projektgruppe stellte fest, dass frühzeitige Nutzerbeteiligung entscheidend ist, um Fehlannahmen über mentale Modelle zu vermeiden. Ein initialer Prototyp ohne klare Feedback-Struktur führte zu Verwirrung – erst durch Think-Aloud-Tests wurde ersichtlich, wie wichtig eine kontinuierliche Status-Kommunikation ist.

Technologisch erwies sich Flet als produktives Framework, das jedoch besondere Aufmerksamkeit bei der asynchronen Programmierung verlangt. Die Erfahrung zeigt, dass UI-Updates in Flet konsequent in den Haupt-Thread zurückgeführt werden müssen. Die Nutzung von `page.run\_task` und `call\_from\_thread` erwies sich als robuste Lösung.

Ein weiterer Lerneffekt betrifft die Rolle wissenschaftlicher Literatur: Die kontinuierliche Rückkopplung mit Quellen wie Deegener [1], Norman [4] und Nielsen [5] half, Gestaltungsentscheidungen zu begründen und Alternativen fundiert abzuwägen. Dadurch gewann das Projekt an akademischer Tiefe und Anschlussfähigkeit für künftige Forschung.

# 6. Fazit

Emoji Color Memory demonstriert, wie ein scheinbar simples Spiel als Vehikel für HCI-Grundlagen dienen kann. Durch konsequente Orientierung an Wahrnehmungs- und Gedächtnismodellen, heuristischen Prinzipien und normativen Vorgaben entstand ein Produkt, das sowohl unterhaltend als auch lernförderlich ist. Die Evaluation bestätigte hohe Zufriedenheitswerte und verdeutlichte zugleich, dass iterative Verfeinerungen (z. B. adaptive Schwierigkeitsgrade, erweiterte Accessibility-Optionen) weiteres Potenzial bergen.

Für nachfolgende Arbeiten empfiehlt sich, die Datenerfassung zu erweitern (z. B. detaillierte Logfiles zur Analyse von Fehlerstrategien) und die App in realen Lehrveranstaltungen einzusetzen. Zudem könnten KI-gestützte Empfehlungen entwickelt werden, die Spielerinnen individuelle Trainingssets vorschlagen. Theoretisch eröffnet sich die Möglichkeit, Neuroergonomie-Konzepte einzubeziehen und die Wirkung verschiedener Reizmodalitäten tiefergehend zu untersuchen.

# 7. Quellenverzeichnis

[1] Deegener, M. (2025). \*Human Computer Interaction.\* Frankfurt University of Applied Sciences, Vorlesungsskript (18\_Vorlesung\_HCI.pdf).

[2] Baddeley, A. (1992). Working memory. \*Science\*, 255(5044), 556–559. https://doi.org/10.1126/science.1736359

[3] Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. \*Cognitive Science\*, 12(2), 257–285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202\_4

[4] Norman, D. A. (2013). \*The Design of Everyday Things\* (revised and expanded ed.). MIT Press.

[5] Nielsen, J. (1994). \*Usability Engineering.\* Morgan Kaufmann.

[6] International Organization for Standardization. (2020). \*ISO 9241-110:2020 – Ergonomics of human-system interaction — Part 110: Interaction principles.\*

[7] Mayer, R. E. (2005). \*The Cambridge Handbook of Multimedia Learning.\* Cambridge University Press.

[8] World Wide Web Consortium (W3C). (2023). \*Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.2.\* https://www.w3.org/TR/WCAG22/