

MyLoad: Entwicklung einer Echtzeit- Visualisierung für mentale Belastung am hybriden Arbeitsplatz

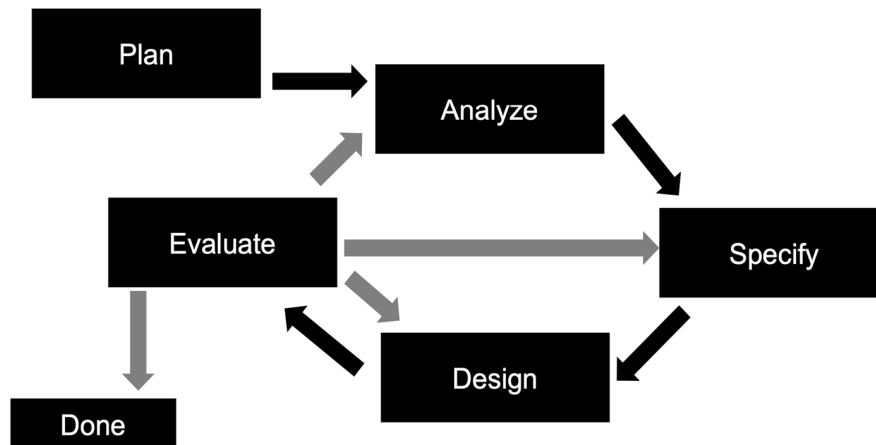
Endterm Präsentation

Recap

- Motivation:
- Häufig hohe kognitive Belastung in Online-Vorlesung
- => Echtzeitvisualisierung zur Unterstützung von Studierenden

Cognitive Load

"The load that performing a particular task imposes on the cognitive system" (Sweller et. Al. 1998 [7])
Die Belastung des kognitiven Systems, die durch Ausführung einer bestimmten Aufgabe verursacht wird.



- Analysephase:
- Literaturrecherche (30 Paper)
- Interviews (10 Teilnehmer)

Anpassungen der Spezifikationen

- Seit Midterm großer Umfang des Projekts reduziert
- Interviews viele Studenten (9/10 Teilnehmer)
- Zweiter Fragebogen mit Ergebnis: 9/10 haben/hatten Online Vorlesungen
- => Konzentration auf Online-Vorlesungen
- Filtern der User Requirements aufgrund des neuen Schwerpunktes

Implementierung - Stack

Kriterien der Wahl:

Overhead, Boilerplate, Kompatibilität mit allen Libraries und OS, die im Projekt genutzt werden

■ Desktopapplikation

- Ein Prozess
- Daten bleiben lokal

■ MVC-Muster

■ PyQt: Python-Binding für Qt für GUI

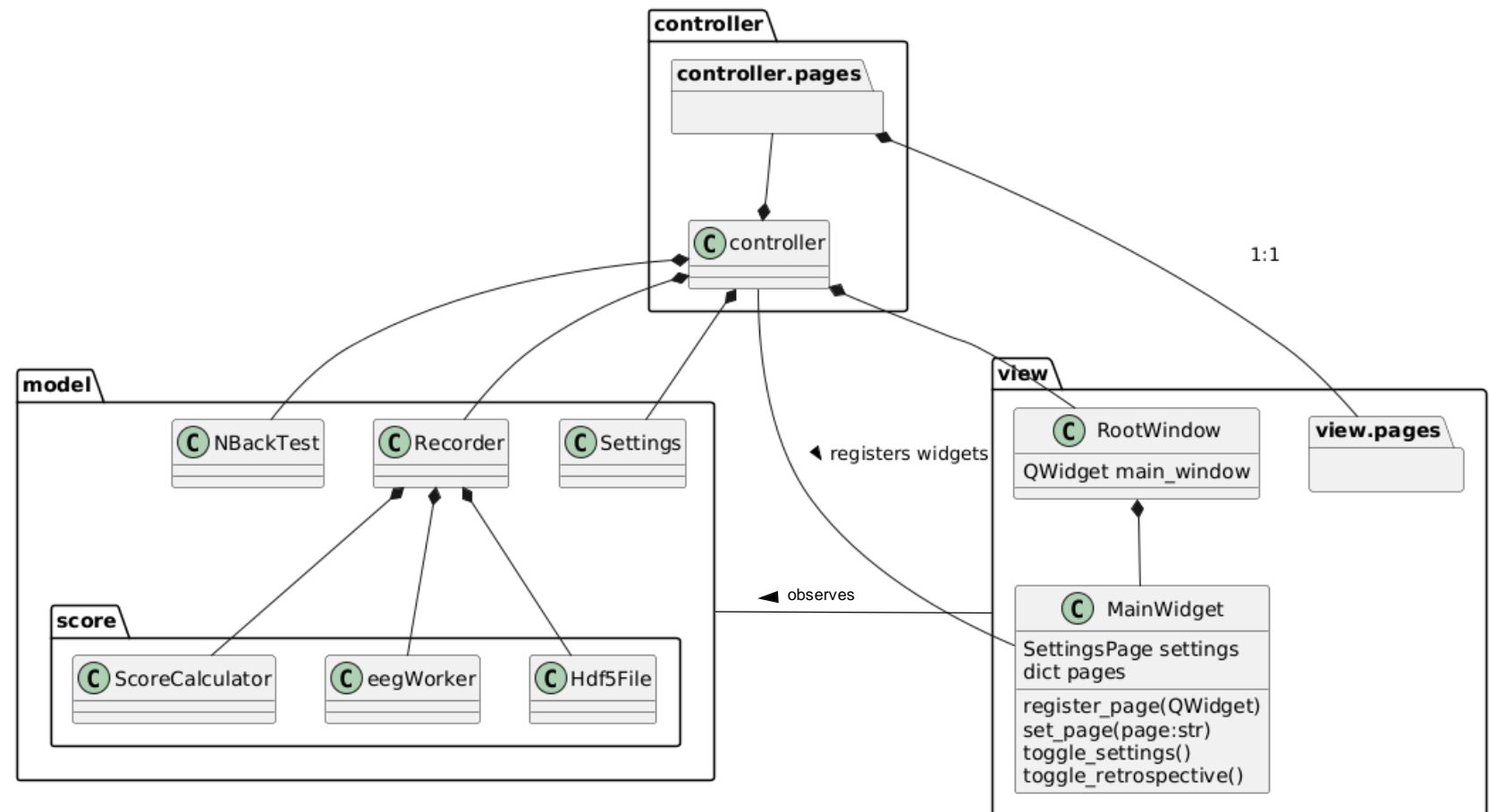
- Kompatibilität mit Linux, Windows und Mac
- Breites Spektrum an Features (WebEngine, Plots)
- Guter Support für Asynchronität



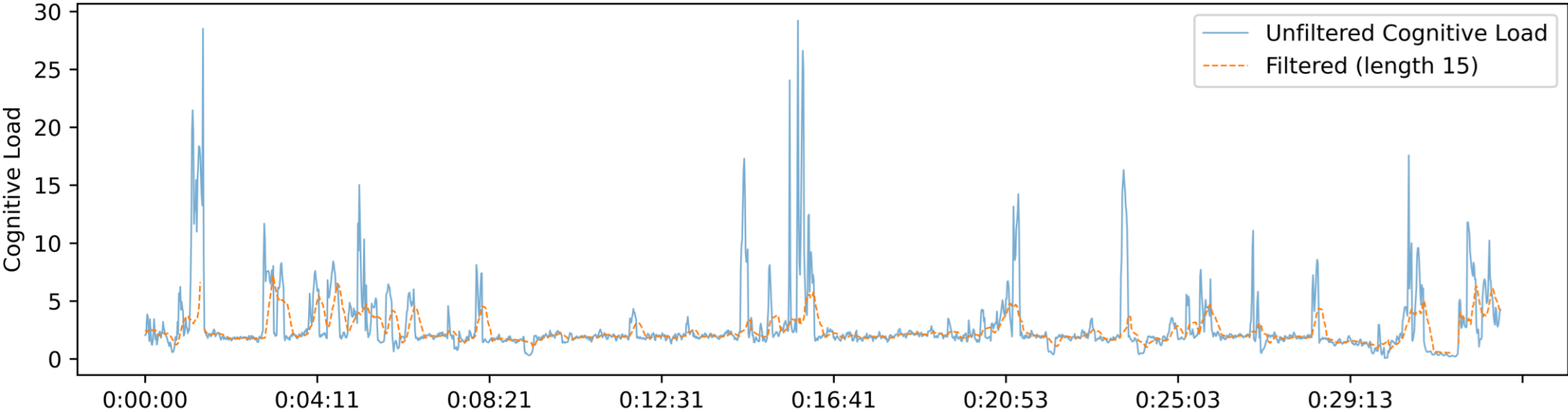
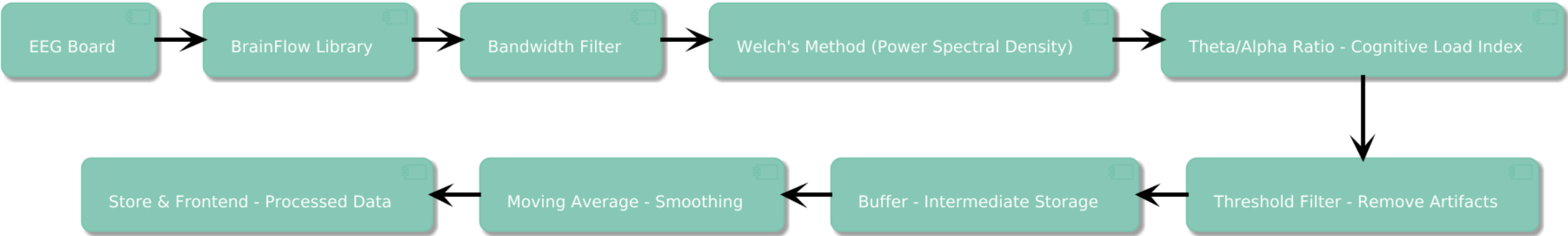
Implementierung - Architekturmuster

Vorteile durch MVC

- Paralleles Entwickeln an View und Model
- Reusability
- Separation of concerns
- Bugtracking ist einfacher



Verarbeitung der EEG-Daten

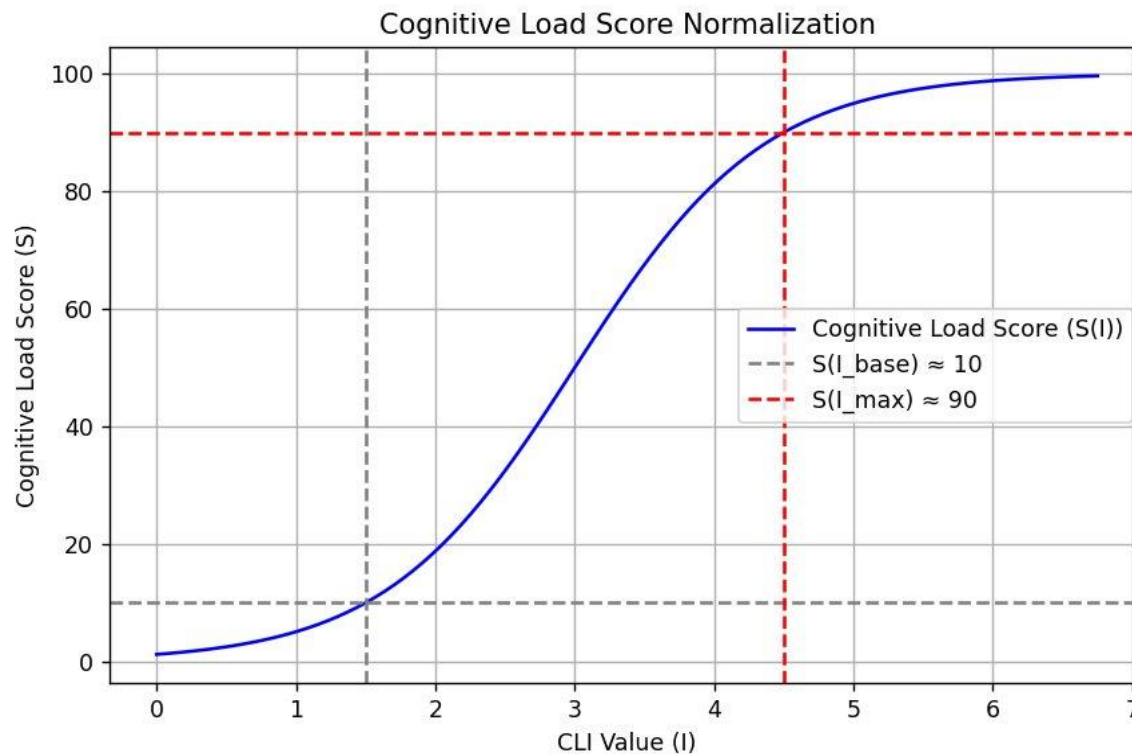


Cognitive Load Score (1/2)

- CL Index ist variierend von Person zu Person und Bedingungen
 - ➡ Bedarf für einen aussagekräftigen und intuitiven Index
 - ➡ Idee für Cognitive Load Score
- Von uns erstellten Erwartungen für die Scorefunktion S:
 - Mögliche Über- oder Unterschreitungen von maximalen und minimalen Index
 - ➡ Idee für Pufferzones in 0-10 und 90-100

Cognitive Load Score (2/2)

■ Logistische Funktion:



- Verständlichkeit von Score ist durch Fragenbogen bestätigt.
- I_{Min} bzw. I_{Max} sind durch Baseline bzw. N-Back Test ermittelt.

Festlegung des N

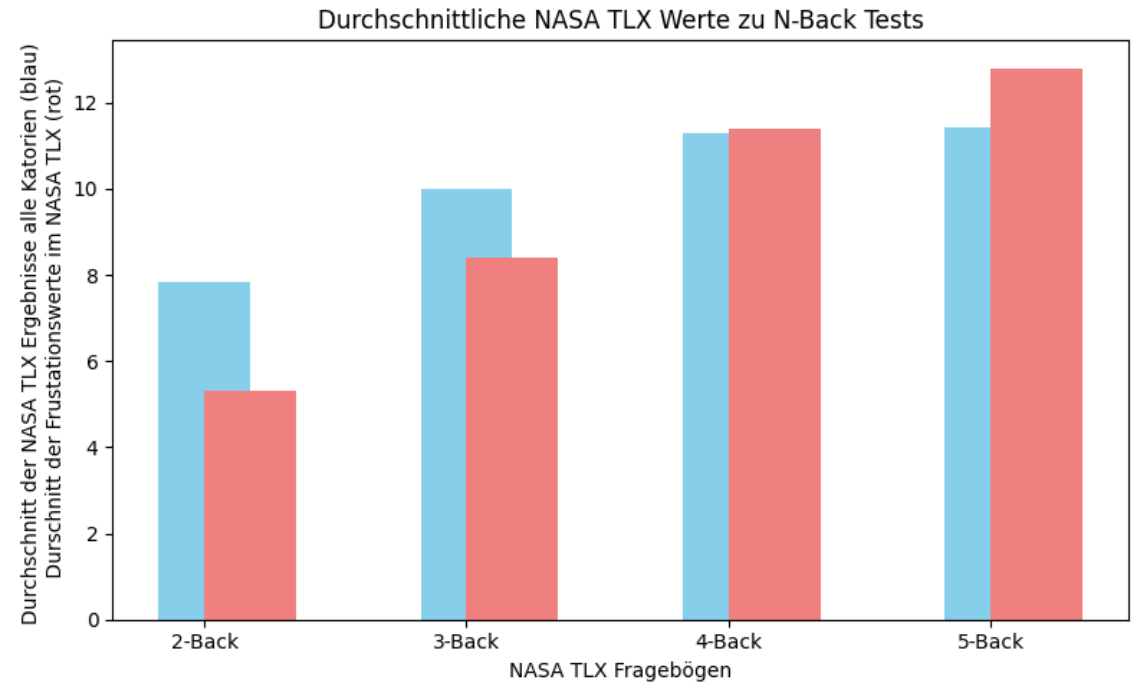
- N-Backtest vor Online-Vorlesung zur Erzeugung eines hohen CL's zur Berechnung des Scores [4][5]

Versuchsaufbau

- 2, 3, 4 und 5 Backtest mit 5 Personen ausgeführt
- Messung der Anstrengung per Kopfhörer und NASA TLX Test nach jedem N-Backtest

Ergebnisse

- Nach 4 Back steigt der NASA Score nur noch minimal
- Je höher das N desto höher auch die Frustration
- Korrelation von CL-Score negative
=> nicht sinnvoll



Schlussfolgerung

=> 4 Backtest

Anzeige Fragebogen

Befragte

- 10 Studierende (9/10 nahmen / nehmen *regelmäßig* an Online-VL teil)

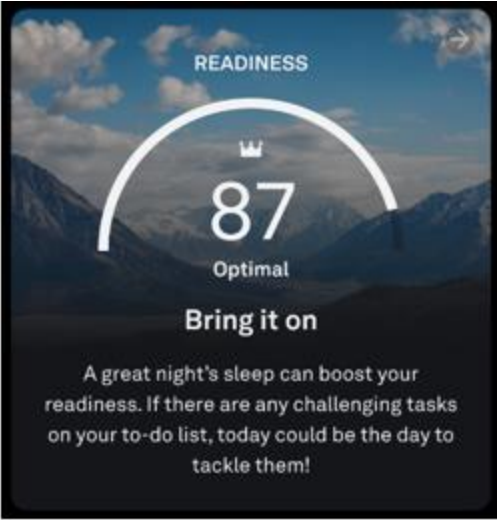
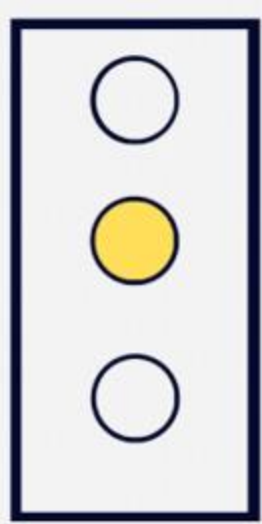
Fragebogen

- Befragung zur Person, der Teilnahme an Vorlesungen, Verständlichkeit der Berechnung des CL-Scores und der verständlichsten Visualisierungsalternativen
- Dauer 5 - 10 min

Auswertung

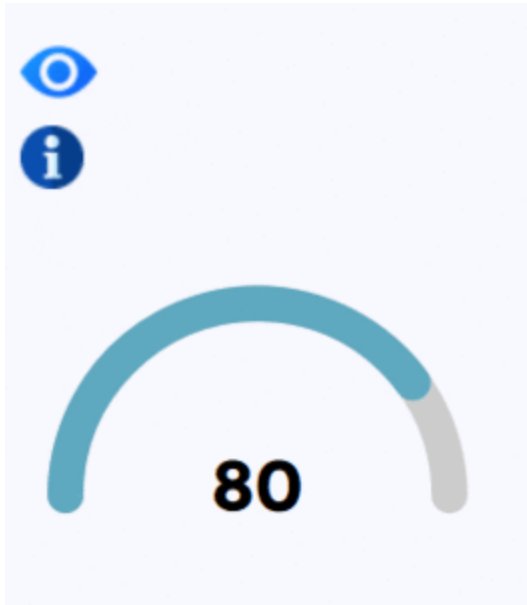
- Codierung

Anzeige - Alternativen

	 
<p>Inspiration dieser Visualisierung durch andere Apps, die auch Biosignale verwenden (Activity-Score, Sleep-Score,...)</p>	<p>Diese beiden Visualisierungen sind Ergebnisse aus dem ersten Interview</p>

=>8/10 Personen für die 1. Variante

Anzeige - Implementierung

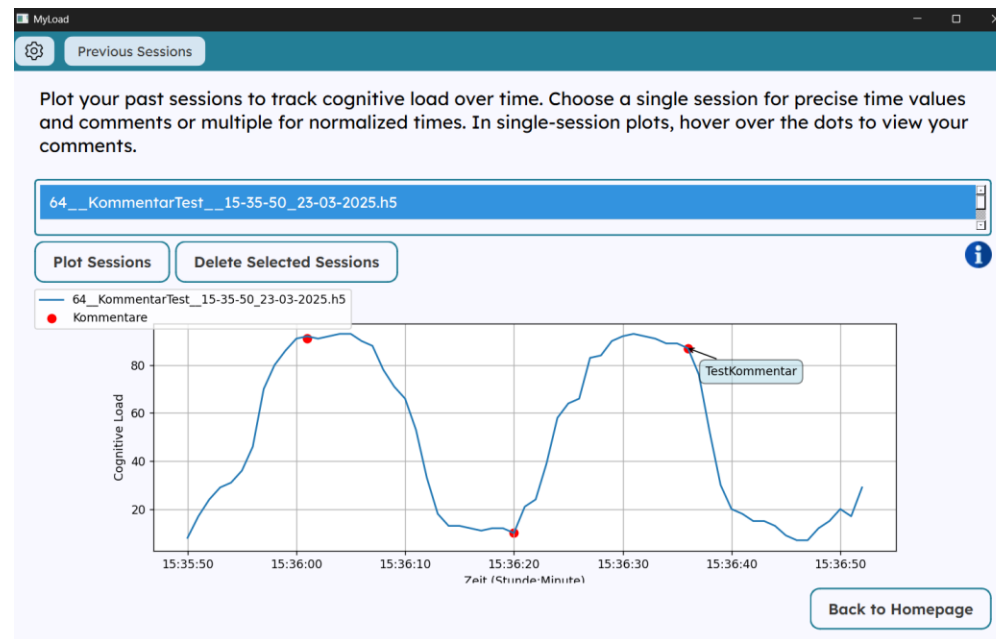


Anzeige Ausblendung:

- Um möglichen Stress oder Ablenkung zu vermeiden, bieten wir die Option, die Anzeige auszublenden.
- Diese Funktion wurde als User Requirement identifiziert, da Benutzer berichten, dass die ständige Anzeige des CLI sie stressen kann.

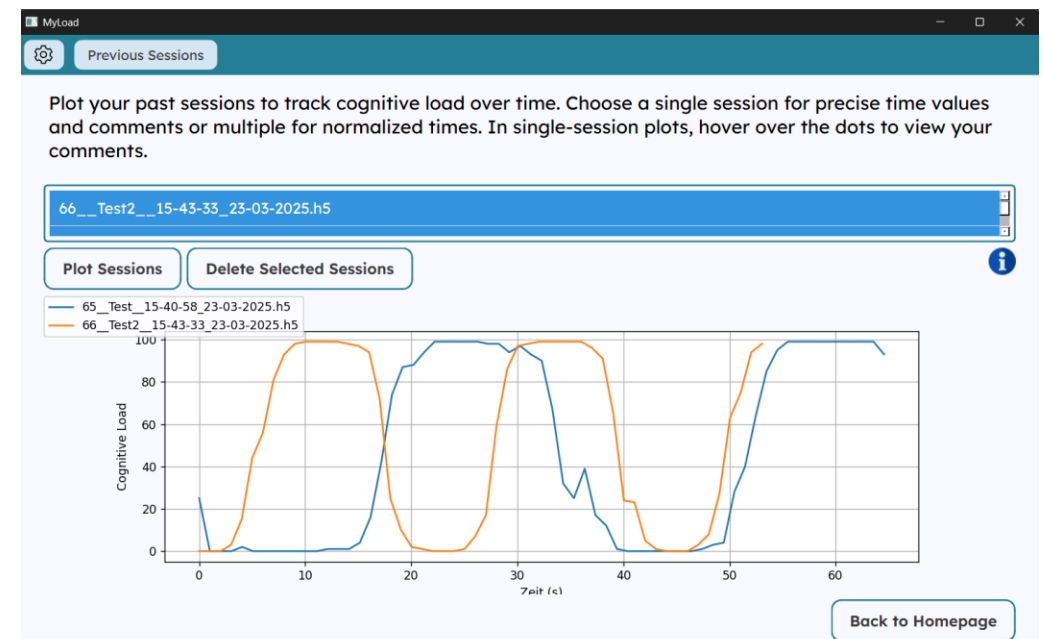
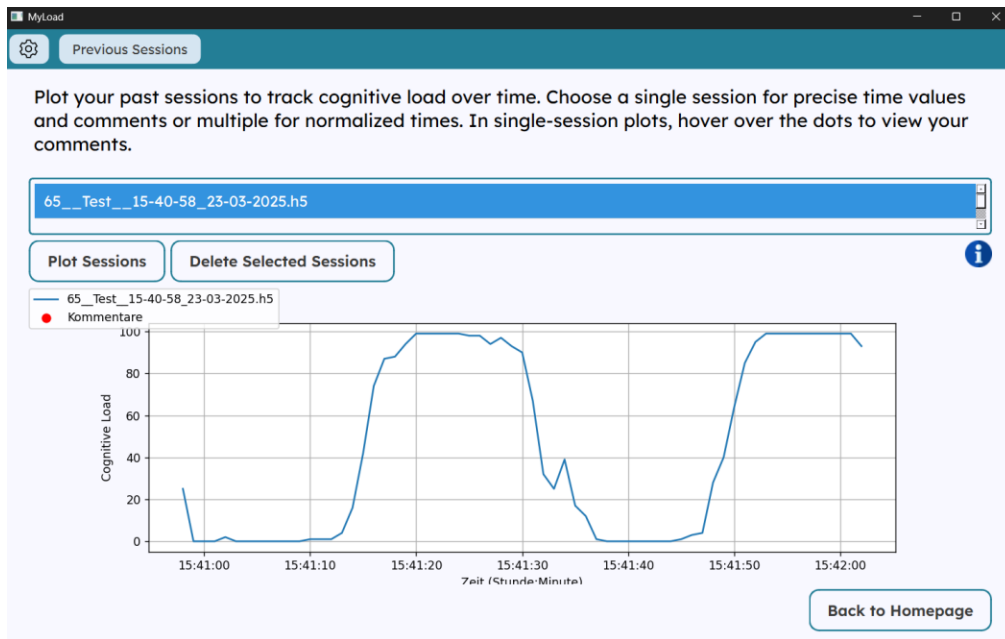
Kommentare

- Anzeige in Retroperspektive
- Festhalten wichtiger Infos/Notizen
- Hilft den CI score mit Problem in Vorlesung zu verbinden



Graph


- Dient der Retroperspektive
- Bietet Möglichkeit zum Vergleich von Sessions
- War eines der User Requirements





Welcome to MyLoad

MyLoad provides users the opportunity to monitor their cognitive load during online lectures, helping them optimize focus, productivity, and overall performance.

What is Cognitive Load at all? 

Please enter a label to identify following session.

Please enter the name of Jitsi-Meeting room

► Start a Session

Evaluierung (1/7)

■ Informationen zu Befragten:

- 5 Studierende
- Durchschnittsalter 22 Jahre
- 4 männliche, 1 weiblicher Teilnehmer
- Informatik, Wirtschaftsinformatik, Bioingenieurwesen, Maschinenbau, Physik

■ Information zum Versuchsaufbau:

- Dauer: 60 – 90min
- Per Mobilem Endgerät aufgezeichnet
- Transkriptiertool diarization vom Lehrstuhl genutzt [8]
- Bestandteile: Usability Test mit 30 min Online - Vorlesungssimulation, Quiz, NASA TLX [16], SUS- Fragebogen [17]

Evaluierung (2/7)

■ Usability Test Pre- Session Fragen Auswertung:

- Alle hatten/haben Online Vorlesungen gehabt \varnothing 1,8h/Woche
- Skala 1 – 5 (sehr unsicher – sehr sicher)
- Umgang mit Computer-Software \varnothing 4/5
- Umgang mit Computer-Peripherie \varnothing 4,2/5
- Englisch Kenntnisse \varnothing 4,2/5
- Theoretische Informatik Kenntnisse \varnothing 1,6/5

Evaluierung (3/7)

- Usability Test Aufgaben Unterteilung:
Aufgaben vor, während und nach Online Vorlesung:
Bsp:
 - "Führen Sie den Baseline Test aus" (vor)
 - "Testen Sie die Kommentarfunktion mit einem beliebigen Wort aus" (während)
 - "Geben Sie den Verlauf Ihrer kognitiven Belastung während dieser Online- Vorlesung aus" (nach)
- Think Aloud Ergebnis:
Kleinere Probleme der Verständlichkeit gelöst

Display Name
Enter Display Name

StudentX

Enter the name that will be displayed in your Jitsi meeting
Enter Display Name

StudentX

Evaluierung (4/7)

■ Online- Vorlesung Simulation

30min langes Video [11], Einführung in die theoretische Informatik

■ Quiz:

5 Single- Choice Fragen, z.B. "What is the focus of Complexity Theory?"

■ Ergebnis:

5/5 Leuten haben das Quiz komplett richtig (Ø 1,6/5 Kenntnisse in der theoretischen Informatik)

Evaluierung (5/7)

- Post Session Fragen
- Fokus: Visualisierung und Retrospektive
- Konzipiert für SWOT Analyse
- Beispiele:

S: Was hat Ihnen an der Visualisierung der mentalen Belastung besonders gut gefallen?

W: In welchen Situationen fiel es Ihnen schwer, die Anzeige richtig zu interpretieren?

O: Könnten Sie sich vorstellen, diese Art der Anzeige in Ihrem Studium zu nutzen?

T: Haben Sie Datenschutzbedenken bei der Speicherung der Werte?

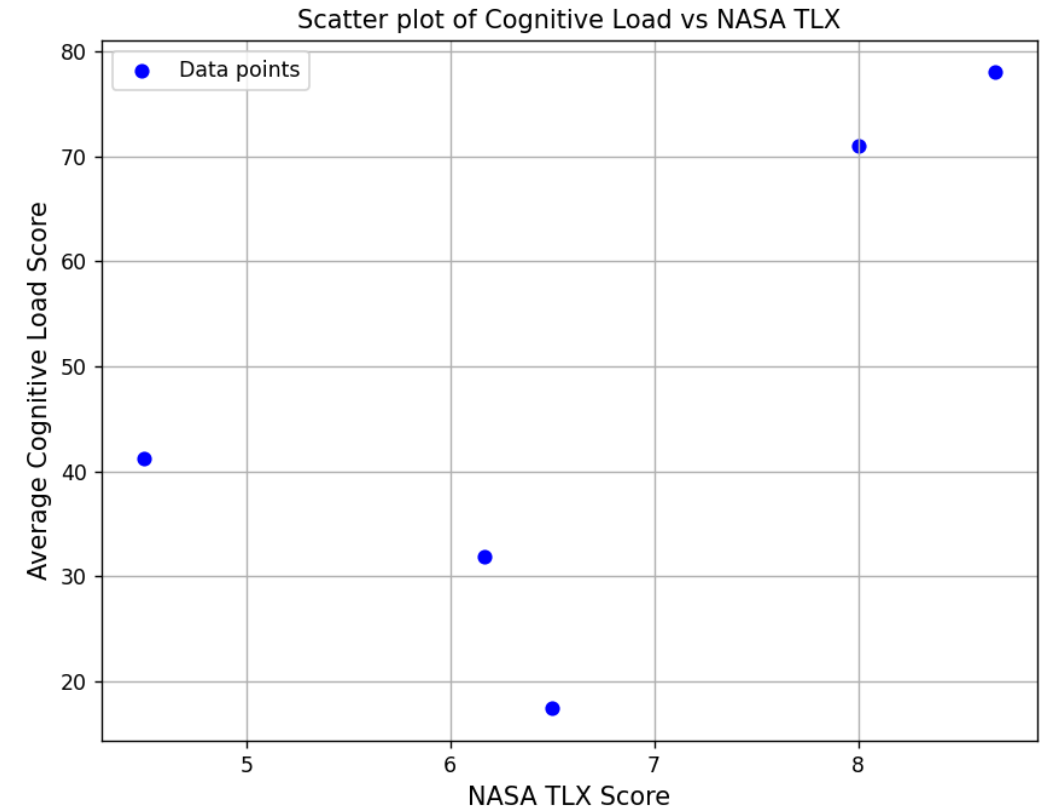
Evaluierung (6/7)

- NASA TLX Test (Skala 0 - 20):
Subjektive Einschätzung der Belastung während der Online- Vorlesung
- Ergebnis: \bar{x} 6,77 (ohne "physical demand" \bar{x} 7,64)
- SUS- Fragebogen:
Subjektive Einschätzung der Usability
- Ergebnis: \bar{x} 86% => gute bis exzellente Usability [15]

Evaluierung (7/7)

- NASA TLX Score korreliert mit durchschnittlichem CL Score der Probanden
CL Score der Probanden mit Korrelationskoeffizient $r = 0,7$

Zu beachten: $n = 5$ und Ungenauigkeit der Headset- Daten



SWOT Analyse

Die SWOT Analyse dient der Bestimmung der Position (Stärken, Schwächen, etc.) und zur Strategieentwicklung eines Unternehmens (z.B. Welche Stärken man nutzen kann um eine Schwäche zu reduzieren)

Stärken	Schwächen	Chancen	Risiken
<ul style="list-style-type: none"> - intuitiv (4/5) - Retroperspektive hilfreich(4/5) - Größtenteils akkurate Daten (5/5) - Keine Datenschutzbedenke, da lokal verarbeitet (5/5) 	<ul style="list-style-type: none"> - Mehr Stress (3/5) - kein großer Vorteil (1/5) - falsche/irreführende Daten(3/5) - Schwer verständliche Feature (Think Aloud) 	<ul style="list-style-type: none"> - Für normales lernen nutzen(2/5) 	<ul style="list-style-type: none"> - Datenschutzbedenken - Verständnisprobleme (Think Aloud)

SWOT Analyse Strategien

	Stärken	Schwächen
Chancen	Wir nutzen die Stärken, dass es intuitiv ist und die Retroperspektive hilfreich ist, um die Chance zu ergreifen, dass die Anwendung auch für das normale lernen und/oder für Arbeit verwendet werden kann	Schwäche wie schlechte Daten reduzieren durch andere Messgeräte, um Chancen zu nutzen, wie Markterweiterung auf normales lernen (etc.)
Risiken	Wir nutzen, dass unsere Daten lokal verarbeitet werden, um das Risiko von Datenschutzbedenken zu reduzieren	Wir erklären schwierig verständliche Situationen in der Anwendung, um Verständnisprobleme zu reduzieren

Ausblick

- Implementierung für VI Aufzeichnungen
- Erweiterung der Anwendung für Online-Meetings und Individuelle Arbeit
- Kopfhörerprobleme: Falsche Daten die z.B. viel zu hoch sind
- Anderes EEG-Messgerät verwenden

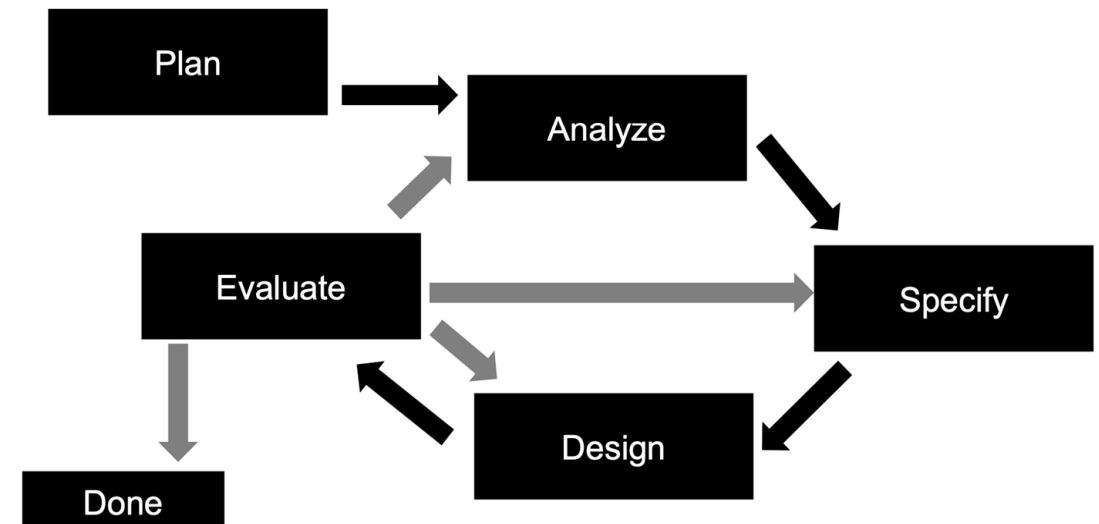
Quellen

1. Hinds, P. J. (1999). The Cognitive and Interpersonal Costs of Video. *Media Psychology*, 1 (4), 283–311. https://doi.org/10.1207/s1532785xmep0104_1
2. Carlos Ferran, Stephanie Watts, (2008) Videoconferencing in the Field: A Heuristic Processing Model. *Management Science* 54(9):1565-1578. <https://doi.org/10.1287/mnsc.1080.0879>
3. Riedl, R. On the stress potential of videoconferencing: definition and root causes of Zoom fatigue. *Electron Markets* 32, 153–177 (2022). <https://doi.org/10.1007/s12525-021-00501-3>
4. <https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/video-conferencing-market-100293> (Last Update October 28, 2024)
5. de Jong, T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instr Sci* 38, 105–134 (2010). <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>
6. Skulmowski, A., Xu, K.M. Understanding Cognitive Load in Digital and Online Learning: a New Perspective on Extraneous Cognitive Load. *Educ Psychol Rev* 34, 171–196 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09624-7>
7. Sweller, J., van Merriënboer, J.J.G. & Paas, F.G.W.C. Cognitive Architecture and Instructional Design. *Educational Psychology Review* 10, 251–296 (1998). <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
8. <https://diarization-01-hubii.k8s.iism.kit.edu/docs>
9. Mutlu-Bayraktar, D., Cosgun, V., & Altan, T. (2019). Cognitive load in multimedia learning environments: A systematic review. *Computers & Education*, 141, 103618. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.103618>
10. <https://portal.wiwi.kit.edu/ys/8164>
11. <https://www.youtube.com/watch?v=9syvZr-9xwk> Introduction, Finite Automata, Regular Expressions by MIT OpenCourseWare
12. de Jong, T. Cognitive load theory, educational research, and instructional design: some food for thought. *Instr Sci* 38, 105–134 (2010). <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9110-0>
13. Umberto León-Domínguez, Juan Francisco Martín-Rodríguez, José León-Carrión, Executive n-back tasks for the neuropsychological assessment of working memory, *Behavioural Brain Research*, Volume 292, 2015, Pages 167-173, ISSN 0166-4328, <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2015.06.002>.
14. Alan Baddeley, Working memory, <https://doi.org/10.1016/j.cub.2009.12.014>
15. <https://seibert.group/blog/2011/04/11/usability-analysen-system-usability-scale-sus/>
16. <https://humansystems.arc.nasa.gov/groups/TLX/downloads/TLXScale.pdf>
17. <https://germanupa.de/sites/default/files/2021-12/brooke1996sus.pdf>

Aufgabenstellung - Backup

- Eine Echtzeit-Visualisierung der **mental**en **Belastung** am Arbeitsplatz bei individueller Aufgabendurchführung und Online-Meetings zu erstellen

Human-Centered-Designprozess



Begriffserklärung - Backup

Cognitive Load

"The load that performing a particular task imposes on the cognitive system" (Sweller et. Al. 1998 [7])

Die Belastung des kognitiven Systems, die durch Ausführung einer bestimmten Aufgabe verursacht wird.

Cognitive Overload

Occurs when working memory capacity is exceeded [12]

Tritt auf wenn die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses überschritten wird

Analysephase - Backup

Literatur

- CL während VM generell höher [1], [2], [3]
- Führt zu VM-Fatigue [3]
- VM zunehmend relevante [4]
- Cognitive Overload wirkt sich negativ auf den Lernerfolg aus [5], [6]

Interviews

- 9/10 kennen Situationen erhöhter kognitiver Belastung bei VM
- 6/10 haben solche Situationen beim individuellen Lernen täglich, 8/10 wöchentlich

User Requirements - Backup

User Requirements

Nutzer kann nachträglich seinen CL als Graph oder Diagramm einsehen

Nutzer kann Echtzeitdarstellung ausschalten

Das Programm integriert die Onlinevorlesung

Nutzer kann Notizen schreiben, die später in der Retroperspektive angezeigt werden

Die Verarbeitung der am eigenen Rechner oder in der Cloud anonymisiert sind

User Stories - Backup

- Als Student möchte ich eine Anwendung die mir während einer Onlinevorlesung anzeigt wie hoch meine mentale Belastung ist
- Als Student möchte ich eine Anwendung die mir nach einer Onlinevorlesung anzeigen kann wie der Verlauf meiner mentalen Belastung war
- Als Teilnehmer an Onlinevorlesungen möchte ich selbst entscheiden können ob die Echtzeitdarstellung meines CIs angezeigt wird oder nicht
- Als Student möchte ich Notizen schreiben können die in der Retroperspektive angezeigt werden
- Als Teilnehmer an Onlinevorlesungen möchte ich, dass die Onlinevorlesung direkt in die Anwendung integriert ist
- Als Teilnehmer an Onlinevorlesungen möchte ich, dass meine gesammelten sensiblen gesundheitsbezogene Daten direkt auf meinem Rechner verarbeitet werden oder anonymisiert werden

N-Backtest - Backup

- Beanspruchen Working Memory [4][5]
- N-Backtest wird vor Session durchgeführt
- Dient zur Erzeugung eines hohen CL's zur Berechnung des CL Scores (weiteres nächste Folien)

Festlegung des N (1/2) -Backup

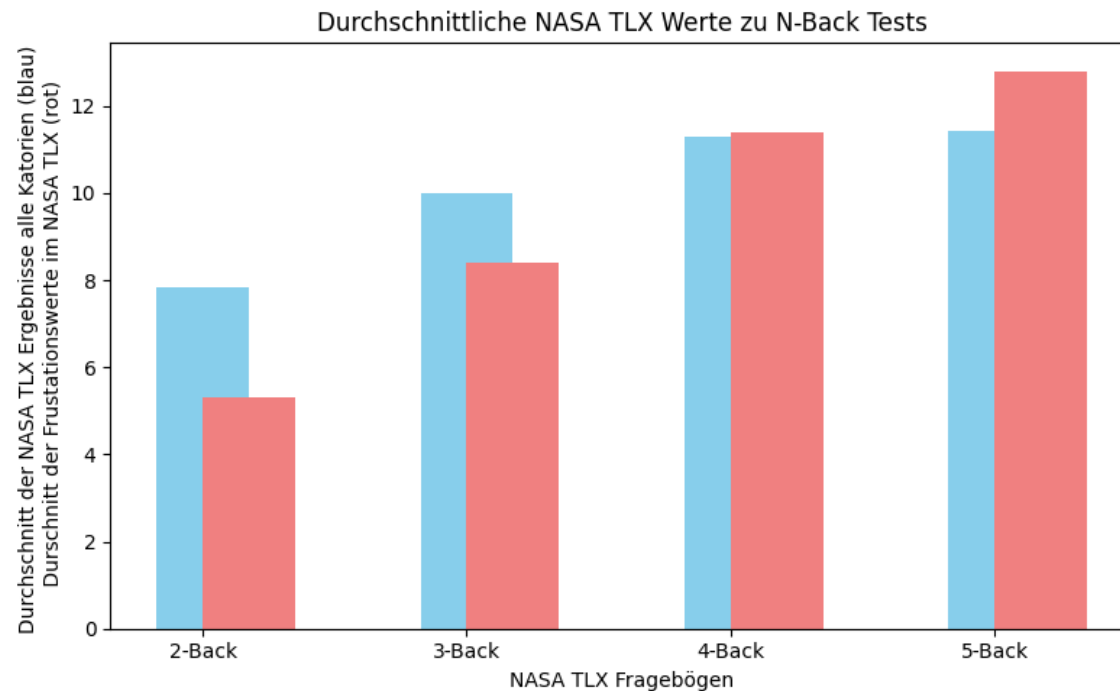
Versuchsaufbau

- Durchführung von 2, 3, 4 und 5 Backtests
- 1,5min / Test, gefolgt von 2min Pause
- 5 Personen
- Messung der Anstrengung durch CL Messung mit Kopfhörern und Ausfüllen von NASA TLX Fragebogen

Festlegung des N (2/2) - Backup

Ergebnisse

- Nach 4 Back steigt der NASA Score nur noch minimal
- Je höher das N desto höher auch die Frustration
- Korrelation von CL-Score negative => nicht sinnvoll



Schlussfolgerung

=> 4 Backtest

Anzeige – Fragebogen Ergebnisse - Backup

- 8/10 Personen für die 1. Variante

- Gründe für die Wahl:

- „Mir gefällt die erste Option besser, da sie verständlicher ist. Ich finde eine kontinuierliche Anzeige anstelle einer diskreten Darstellung besser für den Vergleich.“
- „Ich finde die Ampeldarstellung zu simpel, um meinen CL ausreichend gut darstellen. Beim Barometer würde ich mich jedoch schlecht fühlen lassen, wenn die Anzeige bei steigender CL in den roten Bereich rutscht. Die Farbe rot assoziiere ich mit einem Verbot oder einem Fehler. Wenn die Anzeige rot wäre, würde ich das als meinen eigenen Fehler wahrnehmen und dadurch noch mehr Stress empfinden. Eine einfarbige Anzeige, die nur einen Wert zeigt, erscheint mir hingegen neutral und ermöglicht es mir, die Werte eigenständig zu interpretieren, ohne von der Darstellung beeinflusst zu werden.“

Backup – CL Score

■ Von uns erstellten Erwartungen für die Scorefunktion S:

- $S: I \rightarrow (0, 100)$, $I = (0, \infty)$
- $S(I_{\text{Base}}) \approx 10$
- $S(I_{\text{Max}}) \approx 90$
- $\lim I \rightarrow 0 \quad S(I) = 0$
- $\lim I \rightarrow \infty \quad S(I) = 100$

Logistische Funktion:

$$S(I) = \frac{100}{1 + e^{-k(I-x_0)}}$$

mit

$$x_0 = \frac{I_{\text{Base}} + I_{\text{Max}}}{2}$$

$$k = \frac{\ln(9)}{I_{\text{Max}} - I_{\text{Base}}}$$

Evaluierung - Backup

- Usability Test Aufgaben
- Bsp: "Führen Sie den Baseline Test aus", "Testen Sie die Kommentarfunktion mit einem beliebigen Wort aus" oder "Geben Sie den Verlauf Ihrer kognitiven Belastung während dieser Online- Vorlesung aus"
- 30min Online- Vorlesung simuliert [11]: Einführung in theoretische Informatik
- Quiz dazu
- (Gefolgt von weiteren kleineren Aufgaben, NASA TLX, Post Session Fragen und SUS Fragebogen)

Ergebnisse - Backup

■ Aus Think Aloud:

➡ kleinere Probleme der Verständlichkeit und Navigation gelöst

■ Aus SUS Fragebogen:

➡ \emptyset 86% => gute bis exzellente Usability [15]

■ Aus NASA TLX Score:

➡ \emptyset 6,77

■ Quiz: 5/5 haben alles richtig gelöst