

Playing with Stress: Spieler Stress als Parameter in Videospiele

Tobias Braun

tobias.braun@student.reutlingen-universitiy.de

Hochschule Reutlingen

Deutschland

Abstract

Videospiele sind in der modernen Gesellschaft weit verbreitet. 59% der Deutschen Bevölkerung spielen regelmäßig Video Spiele. Beim Spielen können durch verschiedene Faktoren Stress ausgelöst werden. Dieses Paper beschäftigt sich mit der Frage, wie dieser Stress gemessen werden kann und wie Spiele diese Daten nutzen können, um die Spielerfahrung der Spieler*in zu verbessern. Hierzu werden verschiedene Verfahren für die Erkennung von physischem und psychischem Stress analysiert, und auf ihre Nutzbarkeit hin evaluiert. Es wird ein Verfahren gewählt und dazu ein Versuch durchgeführt und Auswertet, um zu bestimmen, ob dieses für die Stressmessung bei Spieler*innen geeignet ist. Weiter wird erfasst, wie Spiele diese Daten Nutzen können, um die Spielerfahrung der Spieler zu verbessern.

CCS Concepts: • Human-centered computing → Systems and tools for interaction design.

Keywords: Stress Detection, Games, Overview, User Experience, Therapy

1 Einleitung

Video Spiele sind in unserer Gesellschaft weit Verbreitet. Personen aller Altersgruppen spielen regelmäßig. Dabei unterscheiden sich Video Spiele von anderen Medien durch die Interaktion der Spieler*in mit dem Spiel, wodurch ein Bidirektioneller Dialog entsteht. Die Spieler*in wird in virtuellen Szenarios, psychisch und auch physisch gefordert. Dadurch kann bei der Spieler*in Stress ausgelöst werden. Dies kann gewollt sein, um ein Gefühl von Anspannung und Druch zu erzeugen, jedoch auf ungewollt, wodurch Unbehagen, oder gar Angst ausgelöst wird. Diese Veröffentlichung beschäftigt sich damit, mit welchen Mitteln dieser Stress gemessen werden kann und wie diese Informationen dazu genutzt werden können, die Spielerfahrung des Spielenden zu verbessern.

2 Ziele und Forschungsfragen

Im Zuge dieser Arbeit sollen Technologie für die Messung von Stress identifiziert und auf ihre Einsetzbarkeit in Videospiele evaluiert werden. Anschließend soll geklärt werden, wie Stress Messungen eingesetzt werden können, um die Spielerfahrung zu verbessern. Dafür sollen die Forschungsfragen in Tabelle 1 beantwortet werden:

RQ1	Mit welchen Verfahren kann der Stress von Spielern beim Spielen gemessen werden?
RQ1.1	Mit welchen Verfahren kann Stress beim Menschen gemessen werden?
RQ1.2	Welches Verfahren eignet sich am besten für den Einsatz in Videospiele?
RQ2	Wie können Spiele auf Stress der Spieler*in reagieren, um die Spielerfahrung zu verbessern?

Table 1. Forschungsfragen

3 Relevanz

Laut dem Bundesamt für Wirtschaft und Klimaschutz [5] spielen 59% der Deutschen regelmäßig Videospiele. Video Spiele können, abhängig von der Art des Spiels und der aktuellen Situation der Spieler*in sowohl zur Stress Steigerung, als auch Stress Senkung führen [33]. Hierbei spielen interne Faktoren, wie die Art der Herausforderung, die das Spiel dem Spieler präsentiert [27], aber auch externe Faktoren, wie die der Umfang und die Art der sozialen Kontakte des Spielers [25], eine Rolle. Die Entwickler*in eines Videospiele hat die Möglichkeit die internen Faktoren zu beeinflussen, um die Spielerfahrung an das aktuelle Stresslevel des Spielenden anzupassen [19]. Dies könnte Helfen, die Spielerfahrung des einzelnen Spielenden zu verbessern und Spiele einer größeren Zielgruppe zugänglich machen. Faktoren wie der Schwierigkeitsgrad, aber auch Inhalte, die Angst, oder Ekel verursachen können Spieler abschrecken [26], oder ihre Spielerfahrung negativ beeinflussen. Auch hier könnte eine Regulierung, geregelt, durch eine Stress Messung, helfen, das Spiel mehr Spielern zugänglich zu machen.

4 Methodik

Für die Klärung der Forschungsfragen wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Als Quellen dienten für die technische Perspektive die Archive von IEEE, ACM und für die medizinische Seite PubMed der National Library of Medicine. Die Verwendeten Suchterme sind in Tabelle 2 gelistet. Basierend auf den Initialen Ergebnissen wurde weiter eine Schneeballsuche durchgeführt. Aus den erfassten Verfahren für die Stressmessung wurde eines ausgewählt und ein Prototyp dafür implementiert und evaluiert.

ST1	psychologic* AND stress AND measurement AND human (For Pubmed)	RQ1.1
	Psychologic* AND Stress AND measurement (For ACM and IEEE)	
ST2	"video game*" AND stress AND measurement	RQ2

Table 2. Suchterm

5 Spiele als Interaktives Medium

Laut Studien des Bundesamt für Wirtschaft und Klimaschutz [5] spielen über 60% der Deutschen regelmäßig Videospiele. Verglichen mit anderen Medien stechen Video Spiele dadurch hervor, dass der Konsument, hier Spieler genannt, einen gewissen Grad an Einfluss auf das Geschehen hat. Er konsumiert nicht nur passiv, sondern tritt mit dem Spiel in Dialog [29]. Dabei nehmen Spiel und Spieler Einfluss aufeinander. Es entsteht eine Feedbackschleife. Diese Eigenschaft macht Videospiele besonders Interessant, da sie, im Gegensatz zu klassischen, nicht interaktiven Medien, auf den Konsumenten reagieren können. Durch das Gefühl selber eingreifen zu können und selber, wenigstens zum Teil für das Geschehen verantwortlich zu sein, kann zu einer starken emotionalen Verbindung, des Spielers zu seiner Spielfigur und dem Geschehen im Spiel führen [11].

6 Ursachen von Stress in Videospiele

Von der Bundeszentrale für gesundheitliche Aufklärung [7] wird Stress als "[...] starke Beanspruchung eines Organismus durch innere oder äußere Reize [...]" definiert. Wird ein Organismus belastet, kann dies eine Stressreaktion auslösen. Um auf eine potentielle Gefahren Situation besser vorbereitet zu sein, steigen Blutdruck und die Rate des Herzschlags, um eine bessere Versorgung des Organismus mit Sauerstoff zu gewährleisten. Auch psychisch wirkt sich Stress aus. Wenn eine Person mit einer unbekannt Situation konfrontiert wird, kann dies Stress auslösen, wenn diese als mögliche Bedrohung, oder Herausforderung eingestuft wird [27]. In einer Studie [1] fanden Aliyari et al. verschiedene Mechanismen in Video Spielen, die Stress auslösen können. Sie fanden als mögliche Auslöser von Stress:

- (SA1) die Angst davor zu Versagen
- (SA2) Zeitdruck
- (SA3) Angst vor dem Unbekannten
- (SA4) Notwendigkeit schnell zu reagieren

Wobei hier grundsätzlich zwischen Bedrohung- und Herausforderungsstress unterschieden werden kann. Bedrohungsstress tritt auf, wenn der Spieler sich in der Erreichung seines Ziels bedroht fühlt. Herausforderungsstress entsteht durch die Forderung der Fähigkeiten des Spielers durch das Spiel. Beide Arten führen zu ähnlichen Reaktionen, können aber von Spielern unterschiedlich aufgefasst und verarbeitet werden

[27]. Dabei unterscheidet Mark A. Uphill et al. [32] Herausforderungen von Bedrohungen dadurch, dass eine Herausforderung mit einer Lernerfahrung einhergeht, wodurch die Stress Belastung bei Wiederholung sehr schnell, stark abnimmt. Eine Spieler*in wird für das Meistern einer Herausforderung wird nach der Bewältigung positiv belohnt, wodurch eine positive Assoziation entsteht. Versagt die Spieler*in bei einer Herausforderung wird er dafür nicht bestraft und baut damit auch keine negative Assoziation auf. Bei Bedrohungsstress steht die Angst vor dem Versagen und den daraus folgenden Konsequenzen im Vordergrund. Für das Bewältigen wird die Spieler*in wenig, wenn überhaupt belohnt. Für das Versagen, jedoch immer bestraft. Bei Bedrohungsstress können ebenfalls bei Wiederholung Gewöhnungseffekte eintreten [15], wodurch die Stressintensität ebenfalls im Laufe der Zeit sinkt. Die Auswirkungen und Symptome beider Stressarten sind ähnlich.

Weiter können Spiele, durch die realistische Darstellung von Szenarien als Auslöser bei vorhandenen Angststörungen fungieren [13]. Dies kann bei Spieler*innen zu einer übermäßigen Reaktion auf gezeigte Inhalte führen und deren Spielerfahrung negativ beeinflussen, oder sogar zu einen Abbruch des Spiels führen.

7 Verfahren für die Messung von Stress

Für die Klärung von RQ1 wird im Folgenden Abschnitt eine Übersicht über verschiedene Methoden für die Stressmessung gegeben. Stress wirkt sich sowohl physisch, als auch psychisch aus. Einige physische Veränderungen lassen sich mit Sensoren Erfassen. Psychische Veränderungen lassen sich nur schwer direkt Messen. Können sich jedoch auf das Verhalten der gestressten Person auswirken. Es existieren verschiedene Methoden, mit denen Versucht wird, diese Verhaltensänderungen zu erfassen, zu klassifizieren und daraus Rückschlüsse über das Stresslevel der Person zu treffen.

7.1 Physiologisch

Für die Messung des Stresslevels eignen sich physische Merkmale wie Pulsrate, Blutdruck und Hautleitfähigkeit besonders [35]. Es existieren etablierte Technologien für die Erfassung und Auswertung dieser Merkmale.

Pulsrate Stress führt beim Gesunden Menschen zu einer Steigerung der Herzrate. Dies kann direkt, zum Beispiel mittels eine Elektrokardiogramms (EKG) gemessen werden. Ein Elektrokardiogramm misst die elektrischen Steuersignale, die das Herz zum Schlagen stimulieren. Dazu werden Elektroden an bestimmten Punkten des Körpers angebracht [10]. Alternativ können auch optische Sensoren (PPG), die mit Hilfe von Infrarot Kameras, oder Fotodioden Änderungen der Blutgefäße erfassen, verwendet werden [35]. **Blutdruck** Als Folge der erhöhten Herzrate steigt der Blutdruck des Probanden. Ein Merkmal, dass sich ebenfalls erfassen lässt. Die

notwendige Sensorik hierfür ist in vielen gängigen Smartwatches verbaut (BP) [2]. **Hautleitfähigkeit** Auch die Hautleitfähigkeit (SC) kann zur Messung des Stresslevels herangezogen werden. Eine Reaktion des Körpers auf Stress ist eine erhöhte Produktion von Schweiß. Da dieser salzhaltig ist, erhöht sich hierdurch die Leitfähigkeit der Hautoberfläche [8]. **Blinzelfrequenz** Nach M. Haak et al beschreiben in [9] erhöht sich bei Personen unter Stress die Frequenz in der diese Blinzeln. Dies kann mit einer Kamera, beispielsweise einer gewöhnlichen Webcam erfasst werden. **Pupillen Durchmesser** In ihrem Paper "Convenient Evaluation of Mental Stress With Pupil Diameter" [36] schlagen Yamanaka Kimihiro et al ein Verfahren für das Messen von mentalem Stress über die Veränderung der Pupillengröße von Proband*innen vor. Dabei lässt sich eine Erhöhung der Frequenz, in der sich die Pupillengröße ändert mit dem aktuellen Stresslevel der Proband*in in Korrelation bringen. Dies lässt sich ebenfalls mit einer Kamera erfassen.

7.2 Verhalten

Stress wirkt sich auch auf das Verhalten von Personen aus. Diese Verhaltensänderung sind Personen spezifisch. Dennoch lassen sich eine Reihe allgemeiner Reaktionen feststellen. Stress wirkt sich besonders auf die emotionale Reaktionen aus. Unter anhaltendem Stress entwickeln Personen Strategien zur Stress Vermeidung, oder Verdrängung. Auch die emotionale Reaktion auf Situationen und Informationen ändert sich unter Stress [17]. In den meisten Fällen hat Stress Auswirkungen auf die Fähigkeiten zur Problemlösung, Reaktionsgeschwindigkeit und Konzentration [1]. Der verbale Ausdruck ist ebenfalls ein nutzbarer Faktor, da Faktoren wie Häufigkeit und Wortwahl Rückschlüsse auf das Stresslevel von Personen erlauben [23]. **Konzentration** Stress wirkt sich negativ auf die Konzentrationsfähigkeit aus. Dies schlägt sich in schlechteren Ergebnissen bei Logik-, oder Merkaufgaben nieder [1]. Dedizierte Tests, oder die Ableitung von Indikatoren können genutzt werden, um diese zu prüfen und zu bewerten. **Reaktion** Nach Andrew J. Wawrzyniak et al [34] weisen Personen unter psychischem Stress im Schnitt eine höhere Reaktionsgeschwindigkeit auf, sind jedoch weniger präzise. Diese lässt sich mit Tests innerhalb des Spiels prüfen, indem dem Spieler eine Situation präsentiert wird die eine schnelle, präzise Reaktion erfordert wird. Die Zeit bis der Spieler reagiert hat, sowie die Genauigkeit, mit der die Spieler*in die geforderte Aktion ausgeführt hat, kann anschließend ausgewertet werden. **Verbal** Parameter wie Stimmfrequenz und Sprechgeschwindigkeit können zur Messung des Stresslevels von Personen genutzt werden (VSA) [16]. Da viele Mehrspielerspiele Mikrofone für die Verständigung zwischen Spieler*innen voraussetzen, ist von einer breiten, vorhandenen Hardwarebasis auszugehen. Es kann jedoch nur Stress gemessen werden, solange die Spieler*in spricht. **Interaktion** Aus dem Verhalten des Spielers bei

der Interaktion mit der Virtuellen Umgebung können ebenfalls Rückschlüsse auf den aktuellen Stresslevel geschlossen werden. Stefano Palma et al beschreiben in [26] einen Prototypen für ein Spiel, das dafür verschiedenen Parameter des Spielerverhaltens auswertet. Als Indikatoren wurde das Bewegungsmuster und festgelegte Interaktionen des Spielers gewählt. Dabei wird analysiert wie schnell der Spieler definierte Bereiche durchquert, wie viele Licht Quellen der Spieler aktiviert und wie er auf Schreck Momente reagiert.

7.3 Vergleich

Die verschiedenen erfassten Technologien (in Tabelle 3) weisen verschiedene Anforderungen an benötigte Hardware auf und liefern eine Unterschiedliche Quantität und Qualität an Daten. Messung von Physischen Parametern, können kontinuierlich durchgeführt werden, wohingegen Verhalten durch Tests provoziert werden muss, um effektiv gemessen werden zu können [1]. Dafür werden für das Erfassen von physischen Parametern spezielle Sensoren benötigt. Möchte eine Entwickler*in diese in ein Spiel einbauen, schränkt dies die potentielle Zielgruppe ein, oder die Entwickler*in, muss die benötigte Hardware mit dem Spiel zusammen bereitstellen. Jedoch enthalten, wie in Abschnitt 7.1 bereits angemerkt, viele Smartwatches Sensoren zum Messen des Puls der Träger*in. Für die Beantwortung von Forschungsfrage RQ1.2 sind Puls, gemessen mittels einer Smartwatch, die Stimmfrequenz Analyse über ein Mikrofon, sowie die Erfassung von Blinzelfrequenz, oder Pupillenreaktion mittels einer Webcam die vielversprechendsten Technologien. Alle vier erlauben Messungen, ohne einen Test provozieren zu müssen. Bei der VSA besteht jedoch die Einschränkung, dass Stress nur gemessen werden kann, wenn der Spieler redet. Dies kann abhängig vom Spiel häufig vorkommen, beispielsweise bei einem Mehrspielerspiel, oder selten, bis nie, bei Einzelspieler Spielen, die keine Sprache für die Interaktion mit dem Spiel erfordern. Für die Messung der Blinzelfrequenz, oder der Pupillenreaktion, kann eine Kamera verwendet werden, wenn diese eine ausreichender Bildrate und Auflösung hat, um das entsprechende Merkmal zu erkennen.

7.4 Verfahren für die Datenauswertung

Physiologische Messverfahren liefern Numerische Daten wie Puls, Hautleitfähigkeit, oder Blutdruck über den Messzeitraum. Statistische Methoden, wie Schwellenwerte, Spitzen Erkennung, oder auch Verfahren der Kategorie Maschinelles Lernen werden für die Auswertung und Klassifizierung eingesetzt.

Für eine einfache Identifikation von Stress Situationen, kann hier einem simplen Schwellenwert gearbeitet werden [6]. Überschreitet das gemessene Merkmal, beispielsweise der aktuelle Puls der Spieler*in, diesen Schwellenwert, ist dies ein Indiz, dass sie unter Stress steht. Hierfür muss dieser Schwellenwert festgelegt werden, oberhalb dessen das Signal als Stressreaktion identifiziert wird. Dieser Schwellenwert

Technologie	Merkmal	Messmethodik	Zusätzliche Bedingungen
EKG	Puls	Am Körper platziert Elektroden	
PPG	Puls	IR Sensoren oder Kameras	
BP	Blutdruck	Sensor in manchen Smartwatches	
SC	Hautleitfähigkeit	Am Körper platzierte Sensoren	
	Blinzelfrequenz	Aufnahme mit einer Kamera	
	Pupillenreaktion	Aufnahme mit einer Kamera	
VSA	Konzentration	Merk- oder Logikaufgaben	Test muss in das Spielgeschehen integriert werden
	Reaktion	Reaktionstests	Provokation einer schnellen Reaktion
	Verbal	Aufnahme der Stimme mit Mikrofonen	Spieler spricht
	Interaktion	Erfassen von Spieler Bewegung und Interaktionsverhalten	

Table 3. Übersicht Verfahren

kann statisch festgelegt werden, anhand allgemeiner Medizinischer Statistiken, oder dynamisch, anhand einer zuvor gemessenen Basislinie.

Um bestimmte Merkmale innerhalb der erfassten Daten zu bestimmen und auszuwerten, können Verfahren aus der Statistik und der Signalverarbeitung verwendet werden [18]. Dabei sind Merkmale wie der Anteil an Hohen und Niedrigen Frequenzen im Herzschlag, ein mögliches Indiz für Stress. Diese lassen sich mittels Hochpass- und Tiefpassfilter isolieren und deren Verhältnis berechnen. Auch plötzliche Anstiege des Puls sind ein mögliches Indiz, dass der Spieler unter Stress steht.

Für eine detailliertere Analyse und genauere Einstufung verschiedener Merkmale können Technologien aus dem Bereich des maschinellen Lernens eingesetzt werden. Wie von Kang Mingu et al [14] beschrieben, eignen sich hier Support Vektor Maschinen. Dazu müssen die Daten zuerst vorverarbeitet werden, indem Kennwerte zu berechnen. Eine Support Vektor Maschine kann darauf trainiert werden, diese Kennwerte zu klassifizieren und Hinweise auf Stress zu identifizieren.

Auch Künstliche Neuronale Netze können auf das Erkennen von Stressindizes in Messdaten trainiert werden. Nach Konstantinos Tzevelekakis et al [31] können CNNs (Convolutional Neural Networks) auf die Erkennung von Merkmalen in EKG Signalen trainiert werden, über die auf den aktuellen Stresslevel einer Person geschlossen werden kann.

8 Beispiel Implementation und Messung

Pulsmessung über EKG, oder PPG ist eine etablierte Methode, um das Stresslevel einer Person zu messen. Das Projekt *Stress-Monitoring-Device* von Gabries Galeote Checa et al [6] wurde als Grundlage für einen Test gewählt.

8.1 Testaufbau

Für den Versuch wurde statt des von Garbies Galeote Checa et al verwendeten selbst gebauten PPG Sensors ein *MAX30102* [12] des Herstellers Analog Devices, Inc. verwendet. Dieser nutzt eine Infrarot LED und eine Infrarot Photodiode um den Puls zu messen. Dazu werden Lichtimpulse in das Gewebe des Fingers gesendet. Dieses Licht hat eine spezielle Wellenlänge und wird vom Blut absorbiert. Das Licht, das vom Gewebe reflektiert wird, wird von der Fotodiode erfasst [3]. Hier könnte auch eine Smartwatch verwendet werden. Für diesen Versuch wurde jedoch der beschriebene Sensor, für die Datenerfassung und ein Raspberry Pi Einplatinencomputer [20] für die Daten Aufzeichnung verwendet. Diese Kombination erlaubt eine bessere Kontrolle darüber welche Daten, in welchem Format aufgezeichnet werden. Die Struktur des Testaufbaus ist in Abbildung 2 zu sehen. Der Sensor meldet per Hardware Interrupt, wenn Messdaten vorliegen. Der Raspberry Pi ruft diese dann über I2C ab und schreibt diese zusammen mit einem Zeitstempel in eine CSV Datei. Der Sensor wurde am kleinen Finger der rechten Hand platziert, zu sehen in Abbildung 1, da dieser beim Spielen wenig bewegt werden muss. Der Sensor liefert 30 Messungen pro Sekunde, diese werden in 3 Sekunden Intervallen ausgewertet. Das Spiel wurde auf einem herkömmlichen Heim PC ausgeführt. Das Spielgeschehen wurde mit einer Bildschirmaufnahme Software aufgezeichnet. Für die Evaluation wird das Spiel "Ready or Not" [21] verwendet. In diesem führen wenigen Treffer durch feindlichen Beschuss im Spiel bereits zum Tod der Spielfigur. Dies führt zum Neustart des Levels. Damit ruft das Spiel eine Angst zu Versagen (*SA1*) hervor. Feinde sind im Level zufällig platziert und bewegen sich während des Spielens. Dadurch entsteht bei der Spieler*in eine Angst vor dem Unbekannten (*SA3*), beim Betreten von neuen Räumen und Orten. Die schnellen Feuergefechte fordern eine schnelle Reaktion vom Spieler (*SA4*). Es wurde ein Spielmodus ohne

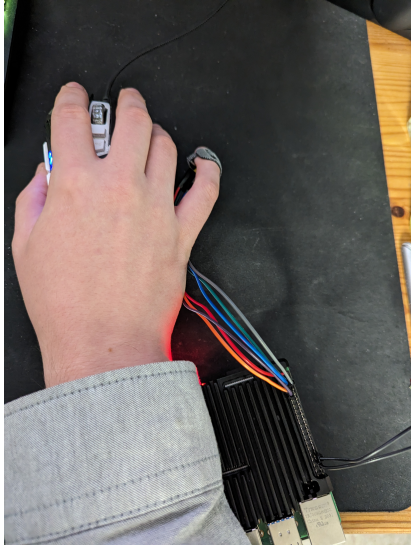


Figure 1. Pulsmessung am kleinen Finger

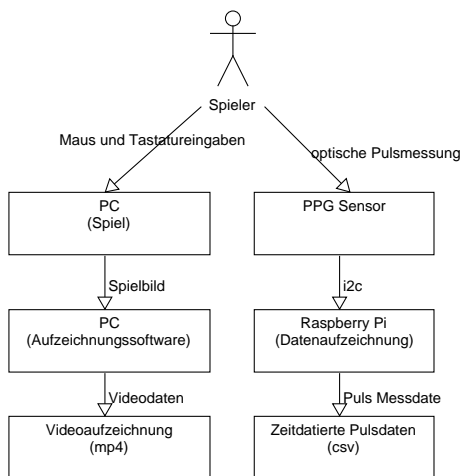


Figure 2. Schema Messaufbau

inhärenten Zeitdruck gewählt, um Phasen mit höherer und weniger hoher Stress Belastung beim Spieler zu erhalten. Die These ist, dass durch diese kurzen Spitzen, deutliche Auffälligkeiten in den erfassten Daten entstehen. Es wurde eine Partie gespielt, die Pulsrate des Spielers und ein Video des Spiels aufgezeichnet, um Auffälligkeiten im Puls, mit Ereignissen im Spiel-Geschehen abgleichen zu können.

8.2 Messung

Für eine einfache Evaluation des Verfahrens wurde eine Partie gespielt und dabei eine Messreihe aufgenommen. Die gespielte Partie dauerte fünfzehn Minuten und vierzig Sekunden. Die gesammelten PPG Daten wurden als Linien Diagramm visualisiert. Bei der ersten Auswertung der Daten

fiel auf, dass diese sehr starken Schwankungen unterlagen, die sich nicht einfach Erklären ließen. Mögliche Faktoren können die Qualität des verwendeten Sensors, der Kontakt zur Testperson während des Tests, sowie Software Probleme bei der Aufzeichnung und Verarbeitung der Daten sein. Letztere beiden Faktoren konnten durch eine Wiederholung der Messung ausgeschlossen werden. Da auch ein Wechsel des Sensors keine merklichen Änderungen in den Messdaten brachte, wurde entschieden mit der Auswertung der erfassten Daten fortzufahren. Für eine genauere Evaluation des Verfahrens könnten unterschiedliche Sensoren, sowie andere Sensor Positionen, wie am Handgelenk der Versuchsperson, getestet werden, um die optimale Messmethodik zu identifizieren.

8.3 Evaluation

Für die Auswertung wurde wie von Gabries Galeote Checa et al [6] beschrieben ein fixer Schwellenwert gewählt. Für den Schwellenwert wurde der Maximale, vor Beginn der Partie gemessene Puls als Basis Linie genommen und eine Sicherheit von 60% aufgerechnet. Dadurch entstand die Grenze von 150 Schlägen pro Minute, über dem besonders Stressige Momente identifiziert werden. In Grafik 3 wurden die gemessenen Daten Visualisiert. Auffällige Ereignisse, die die Vorgegebene Grenze überschritten wurden Identifiziert und mit dem aufgenommenen Video des Spielgeschehens abgeglichen. Dabei konnten für 6 von 8 Punkten, an denen der festgelegte Grenzwert überschritten wurde, Ereignisse im Spielgeschehen zugeordnet werden. Die erste Spitze trat beim Start der Mission auf. Der Spieler wird in eine neue, unbekannte Situation versetzt (SA4). Das zweite Ereignis trat nach 4 Minuten und 35 Sekunden auf, als der Spieler unter Beschuss geriet und sich im Spiel eine Verletzung zuzog. Wird diese nicht behandelt, führt sie binnen kürzester Zeit zum Tod der Spielfigur (SA2) und damit zum Fehlschlag des Levels (SA1). Die nächste Schwellenüberschreitung trat auf, als der Spieler erneut unter Beschuss von Feinden geriet. Diesmal befanden die Feinde sich in einiger Entfernung und waren verdeckt. Der nächsten Überschreitung des Grenzwertes konnte kein konkretes Ereignis zugeordnet werden, was jedoch nicht bedeutet, dass die Versuchsperson nicht, unter hohem Stress stand. Dieser könnte beispielsweise, durch die Angst vor dem plötzlichen Auftauchen von Gegner ausgelöst werden. Der nächste identifizierte Peak folgte kurze Zeit später, nach 8 Minuten und 12 Sekunden, als der Spieler, von einem Gegner, hinter einer Ecke überrascht wurde. Dies führte zu einer deutlichen Spitze. Dieses Ereignis erfüllt SA1, SA2 und SA4. Nach 12:56 trat das letzte Ereignis auf, als der Spieler auf den letzten Gegner im Level stieß. Erneut kam es zu einem kurzen Schusswechsel. Wobei der Spieler einige Treffer einsteckte, damit erfüllt das Ereignis die selben Kriterien wie das vorherige. Bis zum Ende des Levels blieb der Puls des Spieler unter der festgelegten Schwelle. Auch im Spiel traten keine weiteren, offensichtlich Stress

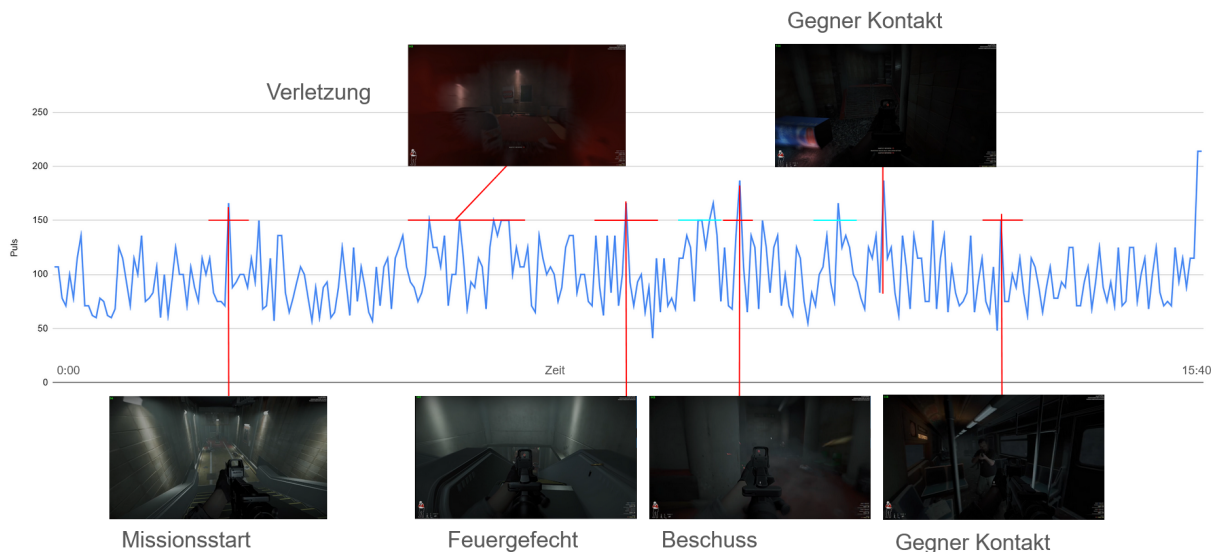


Figure 3. Beispiel Messung 1

auslösende Ereignisse auf. Eine Beeinflussung der Messung durch Bewegung des Spielers während des Spielens konnte als irrelevant eingestuft werden, da zu Auffälligen PPG Ereignissen keine auffälligen Bewegungen des Spielers im aufgezeichneten Video zugeordnet werden konnte.

Im Zuge des Versuchs konnte eine Korrelation zwischen Situationen, in denen Stress auslösende Faktoren vorhanden waren und dem Ergebnis der Messung des Herzschlags des Spielers gefunden werden. Umgekehrt, gab es jedoch auch Situationen, in denen der Puls den festgelegten Faktor überschritt, denen jedoch keine Ereignisse im Spielgeschehen zugeordnet werden konnte. Dies können dennoch Stressreaktionen des Spielers auf nicht identifizierte Einflussfaktoren, sowie die allgemeine Angst von Feinden überrascht zu werden SA1 und SA3. Basierend auf diesem Ergebnis kann ausgesagt werden, dass das Verfahren geeignet ist, Stress Situationen im Spielgeschehen zu identifizieren.

Damit ist eine Antwort für die Forschungsfrage RQQ1.2, dass die Messung des Puls des Spielers mittels einer PPG Sensors und die Auswertung dieses anhand eines Schwellenwerts für Messung von Stress bei Spieler*innen während des Spielens geeignet ist. Dieser kann fix, anhand statistischer Daten, oder dynamisch, anhand einer vorher gemessenen Basislinie, festgelegt werden. Weitere Verfahren können sich ebenfalls eignen, müssen jedoch individuell evaluiert werden.

9 Umgang mit Spieler Stress

Die Forschungsfrage 2 beschäftigt sich mit dem Thema, wie die Identifikation von Stresssituationen und Stresslevel des Spielers eingesetzt werden kann, um die Spielerfahrung für den Spieler zu verbessern. Dabei besteht die Idee darin, eine

weitere Feedbackschleife zwischen der Spieler*in und dem Spieler zu schaffen. Erfasste Stressdaten werden genutzt, um das Spielgeschehen anzupassen, um den Stress des Spielers gezielt zu steigern, oder zu reduzieren. Dadurch kann die Schwierigkeit des Spiels reguliert, oder das Spiel für bestimmte Zielgruppen zugänglicher [26] gemacht werden. Stress Messungen ermöglichen neue, interessante Spielmechaniken, und den therapeutisch für den Einsatz in der Stress- und Angsttherapie.

9.1 Dynamischer Schwierigkeitsgrad

Changchun Liu et al beschreiben in *Dynamic Difficulty Adjustment in Computer Games Through Real-Time Anxiety-Based Affective Feedback* [19] wie Feedback Schleifen in Spiele implementiert werden können, bei denen das Spiel das Stresslevel der Spieler*in misst und basierend darauf, die Schwierigkeit der nächsten Herausforderung anpasst. Einen möglichen Aufbau und Ablauf einer solchen Schleife ist in Abbildung 4 zu sehen. Dies erlaubt es dem Spiel jeder Spieler*in eine Vorgesehene Schwierigkeitskurve zu präsentieren, unabhängig von den Fähigkeiten und Lernfähigkeit dieser. Im beschriebenen Beispiel wird der Schwierigkeitsgrades durch einen Endlichen Automat [28, 51] gesteuert. Der Zustand entspricht dem aktuellen Schwierigkeitsgrades. Dieser wird zwischen den Level, aufgrund des gemessenen Stresslevels des Spielers entweder, im Fall eines Niedrigen Stresslevels herauf, oder, im Fall eines hohen Stresslevels herab gesetzt. Dadurch kann versucht werden, das Stresslevel und damit die empfundenen Schwierigkeit auf einem ähnlichen Niveau zu halten.

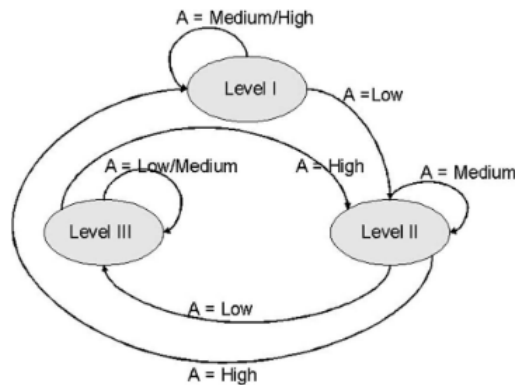


Figure 4. Wechsel des Schwierigkeitsgrades anhand des Stresslevel des Spielers [19]. A=Gemessener Stress Level

9.2 Neue Spielmechaniken

Entwickler können den Spieler Stress als Parameter in das aktuelle Spielgeschehen einfließen lassen. Zusätzlich zu den Eingaben des Spielers und der Reaktion des Spiels entsteht so eine weitere Feedbackschleife, in der das Spiel das Stresslevel des Spielers beeinflusst, welches wiederum das Spielgeschehen beeinflusst. Dies gibt Entwicklern Möglichkeiten für neue, interessante Spielmechaniken. In "Keep Calm and Aim for the Head: Biofeedback-Controlled Dynamic Difficulty Adjustment in a Horror Game" [24] beschreiben Paraschos Moschovitis et al einen Spiele Prototyp. Darin muss der Spieler versuchen Gegnern auszuweichen und kann sich nicht gegen diese Verteidigen. Die Entfernung, in der die Gegner den Spieler detektieren können ist abhängig vom aktuellen Puls der Spieler*in. Sie wird eine Feedbackschleife erzeugt. Die Interaktion zwischen Spielern und Gegnern erzeugen Stress beim Spieler, welcher wiederum durch die Stressmessung das Verhalten der Gegner beeinflusst. Dadurch wird der Spieler angehalten ruhig zu bleiben, da ein höheres Stresslevel durch das Spiel bestraft wird.

9.3 Reduktion von Angstausslösern

Stressmessungen können genutzt werden um Spiele, für Spieler*innen mit Angststörungen zugänglicher zu machen. Dazu können die erhobenen Daten genutzt werden, um Angst Auslöser selbstständig zu erkennen und diese zu reduzieren, oder verändern, wenn diese die Spieler*in zu sehr belasten. Stefano Palma et al [26] beschreibt in "Player behaviour metrics for adjusting content in VR games: the case of fear" wie ein Spiel die Emotionalen und Stress Reaktionen einer Spieler*in auf präsentierte Spiel Elemente und Mechaniken Messen kann. Sie Nutzen Verhaltens Indizien, wie auftretendes Fluchtverhalten, um festzustellen, ob der Spieler positive, oder negative Emotionen mit den Stressauslösern verbindet. Basierend auf den erhobenen Daten können sie Stressige Elemente, die mit negativen Emotionen verbunden sind reduzieren und solche, die mit positiven Verbunden

sind werden verstärken. Dadurch werden die Spieler*innen seltener mit unangenehmen Situationen konfrontiert.

9.4 Therapie

Bernard M. Maarsingh et al haben 2019 eine Studie durchgeführt [22], in der eine VR-Applikation, in Kombination mit Stressmessung via Pulsrate, für die Stresstherapie evaluiert wurde. Dabei mussten die Probanden kontinuierlich schwieriger werdende Herausforderungen überwunden werden. Das aktuelle Stresslevel hatte dabei einen direkten Einfluss auf die Herausforderungen und der Spieler musste versuchen sein Stresslevel gezielt anzupassen, um die Hindernisse effektiv überwinden zu können. Der Versuch ergab, dass nach drei Sitzungen, mit je einer Stunde Länge, die Probanden eine positivere Einstellung Stress gegenüber entwickelt hatten.

Auch in der Angsttherapie finden Videospiele Anwendung. Dabei ermöglichen die virtuellen Umgebungen einen sicheren Raum, in dem die Patienten mit den jeweiligen Angstausslösern kontrolliert konfrontiert werden können. Immersionssteigernde Technologien, wie Virtual Reality Headsets können hier genutzt werden, um die Effektivität weiter zu erhöhen [4]. Stressmessungen lassen sich einsetzen, um den Fortschritt zu überwachen und das simulierte Szenario anzupassen [30]. Dadurch kann die behandelnde Person die Geschwindigkeit, mit der die Patient*in an den Angstausslöser herangeführt wird überwachen und steuern.

10 Fazit

Im Zuge dieser Arbeit wurde eine Übersicht über mögliche Verfahren für die Messung von Stress beim Spielen von Videospiele und wie die erfassten Messdaten eingesetzt werden können, um die Spielerfahrung zu verbessern, geben. Für die Beantwortung von Forschungsfrage 1.1, zu finden in Tabelle 1 1 wurden in Abschnitt 7 Methoden für die Messung von Stress erfasst. Diese lassen sich in solche aufteilen, die physiologische Merkmale der Proband*in erfassen und solche, die das Verhalten analysieren. Weiter kann unterteilt

werden in Verfahren, die kontinuierliche gemessen werden können und solche, die nur unter bestimmten Bedingungen funktionieren. Für letztere müssen unter Umständen vom Spiel Situationen erzwungen werden, in denen diese Bedingungen erfüllt sind. Die vielversprechendsten Methoden sind Pulsmessung, Stimmfrequenz, Blinzelfrequenz und Pupillenreaktion, wobei diese jedoch eine Kamera, oder andere spezielle Hardware für die Messung erfordern. Eine andere Herangehensweise ist die Integration von Tests in Spiele um Stress Indizien im Verhalten des Spielers zu identifizieren, oder die Auswertung des allgemeinen Verhaltens des Spielers. Für die Auswertung der Erfassten Daten können simple, vorher festgelegte, oder basierend auf einer erfassten Basislinie berechnete, Schwellenwerte, oder aber auch komplexere Verfahren aus dem Bereich der Statistik, oder dem Maschinellen Lernen verwendet werden. Für einen Test wurde die Messung des Puls der Spieler*in mittels eines PPG Sensors gewählt. In Abschnitt 8.1 wird Versuchs-Aufbau und Durchführung beschrieben und anschließend das Ergebnis evaluiert. Dieses ergab, dass trotz Problemen mit der Qualität der Erfassten Daten diese noch genau genug waren, um Stressige Situationen im Spielgeschehen identifizieren zu können. Damit stellt es einen validen Kandidaten für die Beantwortung von Forschungsfrage 1.2 aus Tabelle 1 dar. Das Verfahren ist geeignet, in Videospiele eingesetzt zu werden. Die Forschungsfrage 2, ebenfalls zu finden in Tabelle 1, stellt die Frage, wie die erfassten Stressdaten genutzt werden können, um die Spielerfahrung der Spieler*innen zu verbessern. Dazu wurden in der Literatur unterschiedliche Anwendungsbereiche identifiziert, in denen Stressdaten eingesetzt werden können, oder bereits eingesetzt werden. So erlaubt die Erfassung die Regulierung des Schwierigkeitsgrads anhand des empfundenen Stress des Spielers. Damit kann sichergestellt werden, dass die Spieler*in sich nicht langweilt, aber auch nicht überfordert fühlt. Es werden auch neue Spielmechaniken ermöglicht, in denen das Spiel sich an den Stresslevel der Spieler*in anpasst, um diesen entweder gezielt zu senken, indem bestimmte Stressauslöser reduziert, oder entfernt werden, oder zu steigern, indem die Umgebung, oder das Verhalten der Gegner angepasst wird. Diese Mechanismen lassen sich auch im Bereich der Therapie einsetzen. Simulierte Szenarien und Stressmessungen erlauben es Patienten Szenarien in einer sicheren Umgebung zu durchleben und Informationen über deren Verhalten zu erfassen und dokumentieren.

Stressmessung in Kombination mit Videospiele stellen ein großes Innovationspotential dar. Mit weiterem Fortschreiten der Technologie in den Bereichen der Stresserkennung, aber auch der Spieleentwicklung und des Gamedesings, werden Spiele immer flexibler und können sich besser an das Verhalten und den aktuellen Gemütszustand des Spielers anpassen. Dies bietet großes Potential Video Spiele zu entwickeln, die besser auf einer emotionalen Ebene mit den Spielern interagieren und dadurch die Immersion der Spieler*in und sein Emotionales Investment in das Spiel zu steigern. Hier

könnte es Schnittpunkte mit dem Gebiet der Emotionserkennung geben, wobei beide Technologien einander Ergänzen könnten.

References

- [1] Hamed Aliyari, Hedayat Sahraei, Mohammad Reza Daliri, Behrouz Minaei-Bidgoli, Masoomeh Kazemi, Hassan Agaei, Mohammad Sahraei, Seyed Mohammad Ali Seyed Hosseini, Mohammad Mehdi Hadipour, Mohammad Mohammadi, and Zahra Dehghanimohammadabadi. 2018. The Beneficial or Harmful Effects of Computer Game Stress on Cognitive Functions of Players. *Basic and Clinical Neuroscience* 9, 3 (2018), 177–186. <https://doi.org/10.29252/nirp.bcn.9.3.177>
- [2] Sonali B. Bhanvadia, Manreet S. Brar, Arash Delavar, Kiana Tavakoli, Bharanidharan Radha Saseendrakumar, Robert N. Weinreb, Linda M. Zangwill, and Sally L. Baxter. 2022. Assessing Usability of Smartwatch Digital Health Devices for Home Blood Pressure Monitoring among Glaucoma Patients. *Informatics (MDPI)* 9, 4 (2022). <https://doi.org/10.3390/informatics9040079>
- [3] Soham Kanti Bishnu, Sayantika Chowdhury, Pritam Sarkar, Sanaita Khan, Madhurima Paul, Anamitra Gupta, Pujita Roy, Shayani Samanta, and Nibedita Maity. 2018. Heart Rate Monitoring system using IR-photodetector sensor. In *2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*. 914–917. <https://doi.org/10.1109/IEMCON.2018.8614884>
- [4] C. Botella, J. Breton-López, S. Quero, R. M. Baños, A. García-Palacios, I. Zaragoza, and M. Alcaniz. 2011. Treating cockroach phobia using a serious game on a mobile phone and augmented reality exposure: A single case study. *Computers in Human Behavior* 27, 1 (2011), 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.043>
- [5] Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz. 2023. Games. <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Dossier/games.html>
- [6] Gabriel Galeote Checa, Daewon Jung, and Ahmed Elmogamer. 23.11.2023. GitHub - GGChe/Stress-Monitoring-Device: This is a biomedical Project with the goal to develop a device to control video-game player's stress. <https://github.com/GGChe/Stress-Monitoring-Device>
- [7] Gundula Ernst, Alexa Franke, and Peter Franzkowiak. [n. d.]. Stress und Stressbewältigung. <https://doi.org/10.17623/BZGA:Q4-1118-2.0>
- [8] Atlee Fernandes, Rakesh Helawar, R. Lokesh, Tushar Tari, and Ashwini V. Shahapurkar. 2014. Determination of stress using Blood Pressure and Galvanic Skin Response. In *2014 International Conference on Communication and Network Technologies*. 165–168. <https://doi.org/10.1109/CNT.2014.7062747>
- [9] M. Haak, Steven Bos, Sacha Panic, and Léon Rothkrantz. 2009. Detecting Stress using Eye Blinks during Game Playing. 75–82.
- [10] Harvard Health. 2019. Electrocardiogram (EKG) - Harvard Health. https://www.health.harvard.edu/a_to_z/electrocardiogram-ekg-a-to-z
- [11] Scott H. Hemenover and Nicholas D. Bowman. 2018. Video games, emotion, and emotion regulation: expanding the scope. *Annals of the International Communication Association* 42, 2 (2018), 125–143. <https://doi.org/10.1080/23808985.2018.1442239>
- [12] Maxim Integrated Products Inc. [n. d.]. MAX30102: High-Sensitivity Pulse Oximeter and Heart-Rate Sensor for Wearable Health Data Sheet (Rev. 1). <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/MAX30102.pdf>
- [13] Jih-Hsuan Tammy Lin. 2017. Fear in virtual reality (VR): Fear elements, coping reactions, immediate and next-day fright responses toward a survival horror zombie virtual reality game. *Computers in Human Behavior* 72 (2017), 350–361. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.02.057>
- [14] Mingyu Kang, Siho Shin, Gengjia Zhang, Jaehyo Jung, and Youn Tae Kim. 2021. Mental Stress Classification Based on a Support Vector Machine and Naive Bayes Using Electrocardiogram Signals. *Sensors*

- (Basel, Switzerland) 21, 23 (2021). <https://doi.org/10.3390/s21237916>
- [15] R. Klormon. 1974. Habituation of fear: effects of intensity and stimulus order. *Psychophysiology* 11, 1 (1974), 15–26. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.1974.tb00817.x>
- [16] Alexandra König, Kevin Riviere, Nicklas Linz, Hali Lindsay, Julia Elbaum, Roxane Fabre, Alexandre Derreumaux, and Philippe Robert. 2021. Measuring Stress in Health Professionals Over the Phone Using Automatic Speech Analysis During the COVID-19 Pandemic: Observational Pilot Study. *Journal of Medical Internet Research* 23, 4 (2021), e24191. <https://doi.org/10.2196/24191>
- [17] Robert W. Levenson. 2019. Stress and Illness: A Role for Specific Emotions. *Psychosomatic medicine* 81, 8 (2019), 720–730. <https://doi.org/10.1097/PSY.0000000000000736>
- [18] Xinxia Li, Weiwei Zhu, Xiaofan Sui, Aizhi Zhang, Lijie Chi, and Lu Lv. 2021. Assessing Workplace Stress Among Nurses Using Heart Rate Variability Analysis With Wearable ECG Device-A Pilot Study. *Frontiers in public health* 9 (2021), 810577. <https://doi.org/10.3389/fpubh.2021.810577>
- [19] Changchun Liu, Pramila Agrawal, Nilanjan Sarkar, and Shuo Chen. 2009. Dynamic Difficulty Adjustment in Computer Games Through Real-Time Anxiety-Based Affective Feedback. *International Journal of Human-Computer Interaction* 25, 6 (2009), 506–529. <https://doi.org/10.1080/10447310902963944>
- [20] Raspberry Pi Ltd. 2023. Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.com/>
- [21] VOID Interactive Ltd. 2023. Ready Or Not. <https://voidinteractive.net/>
- [22] Bernard M. Maarsingh, Jannah Bos, Charlotte F. J. van Tuijn, and Selwyn B. Renard. 2019. Changing Stress Mindset Through Stressjam: A Virtual Reality Game Using Biofeedback. *Games for health journal* 8, 5 (2019), 326–331. <https://doi.org/10.1089/g4h.2018.0145>
- [23] S. Monisha, R. Meera, Vijay Swaminath R., and Arun Raj L. 2020. Predictive Analysis of Student Stress Level Using Naïve Bayesian Classification Algorithm. In *2020 International Conference on Computer Communication and Informatics (ICCCI)*. 1–7. <https://doi.org/10.1109/ICCCI48352.2020.9104113>
- [24] Paraschos Moschovitis and Alena Denisova. 2023. Keep Calm and Aim for the Head: Biofeedback-Controlled Dynamic Difficulty Adjustment in a Horror Game. *IEEE Transactions on Games* 15, 3 (2023), 368–377. <https://doi.org/10.1109/TG.2022.3179842>
- [25] Federica Pallavicini, Alessandro Pepe, and Fabrizia Mantovani. 2022. The Effects of Playing Video Games on Stress, Anxiety, Depression, Loneliness, and Gaming Disorder During the Early Stages of the COVID-19 Pandemic: PRISMA Systematic Review. *Cyberpsychology, behavior and social networking* 25, 6 (2022), 334–354. <https://doi.org/10.1089/cyber.2021.0252>
- [26] Stefano Palma, Laura Anna Ripamonti, Nunzio Alberto Borghese, Dario Maggiorini, and Davide Gadia. 2021. Player behaviour metrics for adjusting content in VR games: the case of fear. In *CHI-taly 2021: 14th Biannual Conference of the Italian SIGCHI Chapter (ACM Digital Library)*, Antonella de Angeli (Ed.). Association for Computing Machinery, New York, NY, United States, 1–6. <https://doi.org/10.1145/3464385.3464705>
- [27] Anne Marie Porter and Paula Goolkasian. 2019. Video Games and Stress: How Stress Appraisals and Game Content Affect Cardiovascular and Emotion Outcomes. *Frontiers in Psychology* 10 (2019), 967. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.00967>
- [28] Arnold L. Rosenberg and Lenwood S. Heath. 2022. *Understanding Computation: Pillars, Paradigms, Principles* (1st ed. 2022 ed.). Springer International Publishing and Springer, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-10055-0>
- [29] Richard Rouse III. 2016. Dynamic Stories for Dynamic Games: Six Ways to Give Each Player a Unique Narrative. *GDC* (2016). <https://www.gdcvault.com/play/1023753/Dynamic-Stories-for-Dynamic-Games>
- [30] Sarah K. Schäfer, Frank R. Ihmig, Karen A. Lara H, Frank Neurohr, Stephan Kiefer, Marlene Staginnus, Johanna Lass-Hennemann, and Tanja Michael. 2018. Effects of heart rate variability biofeedback during exposure to fear-provoking stimuli within spider-fearful individuals: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* 19, 1 (2018), 184. <https://doi.org/10.1186/s13063-018-2554-2>
- [31] Konstantinos Tzevelekakis, Zinovia Stefanidi, and George Margetis. 2021. Real-Time Stress Level Feedback from Raw Ecg Signals for Personalised, Context-Aware Applications Using Lightweight Convolutional Neural Network Architectures. *Sensors (Basel, Switzerland)* 21, 23 (2021). <https://doi.org/10.3390/s21237802>
- [32] Mark A. Uphill, Claire J. L. Rossato, Jon Swain, and Jamie O’Driscoll. 2019. Challenge and Threat: A Critical Review of the Literature and an Alternative Conceptualization. *Frontiers in Psychology* 10 (2019), 1255. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01255>
- [33] Grace Y. Wang, Dovile Simkute, and Inga Griskova-Bulanova. 2023. Neurobiological Link between Stress and Gaming: A Scoping Review. *Journal of clinical medicine* 12, 9 (2023). <https://doi.org/10.3390/jcm12093113>
- [34] Andrew J. Wawrzyniak, Mark Hamer, Andrew Steptoe, and Romano Endrighi. 2016. Decreased reaction time variability is associated with greater cardiovascular responses to acute stress. *Psychophysiology* 53, 5 (2016), 739–748. <https://doi.org/10.1111/psyp.12617>
- [35] Nurdina Widanti, Budi Sumanto, Poppy Rosa, and M. Fathur Miftahudin. 2015. Stress level detection using heart rate, blood pressure, and GSR and stress therapy by utilizing infrared. In *2015 International Conference on Industrial Instrumentation and Control (ICIC)*. 275–279. <https://doi.org/10.1109/IIC.2015.7150752>
- [36] Kimihiro Yamanaka and Mitsuyuki Kawakami. 2009. Convenient evaluation of mental stress with pupil diameter. *International journal of occupational safety and ergonomics : JOSE* 15, 4 (2009), 447–450. <https://doi.org/10.1080/10803548.2009.11076824>