

**Universität Mannheim**  
Lehrstuhl für Praktische Informatik IV  
Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Effelsberg  
68159 Mannheim, Germany

Seminar: Algorithmen zur Unterstützung von Immersive Gaming

## **Auswirkung von Netzwerkverzögerungen auf das Spielgefühl von Onlinespielern**

22. Oktober 2008

**Daniel Schön**

**Zusammenfassung:** Multiplayer Onlinespiele sind heute eine der am meisten genutzten Formen von Gruppenkommunikation im Internet. Ein bekanntes Problem dieser interaktiven Applikationen ist die Latenz. In dieser Arbeit werden Studien mit First-Person-Shootern (FPS), Real-Time-Strategy Spielen (RTS) sowie Messungen an Spieleservern im Internet eines FPS vorgestellt. Die verschiedenen Spielegenres sowie Interaktionen innerhalb dieser Spiele stellen dabei unterschiedlich starke Anforderungen. Neben der absoluten Latenz (zwischen Client und Server) auf Applikationsebene beeinflusst auch die relative Latenz zu den Mitspielern das subjektive Spielerlebnis.

# Inhaltsverzeichnis

|          |                                    |           |
|----------|------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Einleitung</b>                  | <b>4</b>  |
| 1.1      | Motivation . . . . .               | 4         |
| 1.2      | Bisherige Forschung . . . . .      | 4         |
| 1.3      | Fokus . . . . .                    | 4         |
| 1.4      | Verlust, Last und Latenz . . . . . | 5         |
| 1.5      | Hintergrund . . . . .              | 5         |
| <b>2</b> | <b>Real-Time-Strategy</b>          | <b>6</b>  |
| 2.1      | Vorbereitung . . . . .             | 6         |
| 2.2      | Analyse . . . . .                  | 7         |
| 2.3      | Resultat . . . . .                 | 8         |
| <b>3</b> | <b>First-Person-Shooter</b>        | <b>8</b>  |
| 3.1      | Vorbereitung . . . . .             | 8         |
| 3.2      | Analyse . . . . .                  | 9         |
| 3.3      | Resultat . . . . .                 | 10        |
| <b>4</b> | <b>Relative Latenzen</b>           | <b>10</b> |
| 4.1      | Vorbereitung . . . . .             | 11        |
| 4.2      | Analyse . . . . .                  | 11        |
| 4.3      | Resultat . . . . .                 | 12        |
| <b>5</b> | <b>Zusammenfassung</b>             | <b>13</b> |
|          | <b>Literatur</b>                   | <b>15</b> |

## Abbildungsverzeichnis

|   |   |    |
|---|---|----|
| 1 | Warcraft III; (a) Bauzeit bei implizierter Latenz. (b) Punktzahl und Latenz im Kampf-Test . . . . . | 7  |
| 2 | Trefferquote beim Präzisionschießen abhängig von der Latenz . . . . .                               | 9  |
| 3 | Relative Latenzränge . . . . .  | 12 |
| 4 | Spielgefühl in Abhängigkeit der induzierten Latenz in ausgewählten Genres                           | 13 |

# 1 Einleitung

## 1.1 Motivation

In den vergangenen Jahren haben sich Onlinespiele in einem immer größer werdenden Spielmarkt fest etabliert. Onlinespiele sind heute eine der populärsten Formen von Gruppenkommunikation im Internet. Eines der führenden MOGs<sup>1</sup> „World of Warcraft“<sup>2</sup> verzeichnete Ende 2007 über zehn Millionen Abonnenten weltweit(8), davon zwei Millionen in Europa. Die meisten dieser Spiele sind in einer Server-Client-Struktur organisiert. Mehrere Tausend Spieler können sich dabei gleichzeitig mit einem Server verbinden und gemeinsam in einer virtuellen Welt interagieren. Da sämtliche Handlungen im Spiel und mit anderen Spielern über das Netzwerk ablaufen, ist es wichtig herauszufinden inwieweit sich Mängel im QoS (Quality of Service) auf das Spielegefühl auswirken. Besonders die Latenz hat sich hier als Flaschenhals hervorgetan. Neben der absoluten Latenz zwischen den Spielerhosts und dem Server wird auch die relative Latenz betrachtet, da sich Spieler durch eine geringere Latenz eine bessere Reaktion versprechen, die ihnen einen Vorteil verschaffen kann.

## 1.2 Bisherige Forschung

Seit Onlinespiele immer populärer geworden sind, gibt es Untersuchungen um die Leistung und das Spielegefühl zu verstehen und zu verbessern. Es gibt Studien zu Last(6), Paketverlustrate(2) und Latenz(1; 3; 5; 5; 7). Dabei wurde sich meist auf ein Spiel konzentriert. Es wurden sowohl Spieleserver im Internet über einen längeren Zeitraum beobachtet, als auch Netzwerke unter Laborbedingungen aufgebaut, welche dann auf implizierte Netzwerkstörungen hin vermessen wurden. Einige der Ergebnisse sollen hier vorgestellt werden, wobei die Auswirkungen der Latenz auf das Spielgefühl im Vordergrund stehen.

## 1.3 Fokus

Onlinespiele gibt es in einer Vielzahl von Genres. Repräsentativ werden in dieser Arbeit die Real-Time-Strategy (RTS) Spiele und First-Person-Shooter (FPS) untersucht. Man kann die grundlegenden Interaktionen in Real-Time-Strategy Spielen auf Bauen, Erkunden und Kampf beschränken. Bei FPS sind diese: Bewegen, Präzisionsschießen, allgemeines Schießen und gleichzeitiges Bewegen und Schießen. Eine Runde besteht immer aus einer Verkettung dieser Handlungen. Für andere Spielgenres wie Simulationen und Third-Person-Games lassen sich Aussagen über das Spielgefühl ableiten. FPS haben sehr hohe Anforderungen an das Netzwerk, während RTS Spiele im Vergleich geringere Anforderungen stellen. Mit einer Betrachtung dieser Spiele lassen sich die Anforderungen anderer Genres abschätzen. Dazu werden empirische Untersuchungen zu der Latenzabhängigkeit

---

<sup>1</sup>Multiplayer Online Game

<sup>2</sup><http://www.wow-europe.com>

des FPS Unreal Tournament 2003<sup>3</sup> sowie des Real-Time-Strategy Spiels Warcraft III<sup>4</sup> vorgestellt. Diese werden auf Veränderungen in der Spieleleistung (Quantitativ) und im Spielgefühl (Qualitativ) hin untersucht. Mit Hilfe des First-Person-Shooters Half-Life<sup>5</sup> wird besonders auf das Spielerverhalten in Bezug zur Netzwerkverzögerung eingegangen.

## 1.4 Verlust, Last und Latenz

Mängel in der Quality of Service treten besonders durch drei Dinge hervor:

- eine hohe Paketverlustrate (Loss)
- eine hohe Last (Load)
- eine große Netzwerkverzögerung bzw. Latenz (Latency)

Studien in der Vergangenheit haben gezeigt, dass Paketverlust erst ab einer Verlustrate von 5%(1) bzw. 10%(6) von Spielern bemerkt wird. Dies wirkt sich im Ausbleiben von Animationen aus, beeinflusst aber die Reflexe und das Spielgefühl der Spieler kaum bis gar nicht. Unter der Annahme einer heute durchschnittlichen Internet-Paketverlustrate von weniger als 2%(2) kann man sie aus weiteren Betrachtungen ausschließen.

In Untersuchungen der Netzwerkströme von Onlinespielen konnten die Paketgrößen und Sendeintervalle exakt gemessen werden. Onlinespiele senden stetig kleine Pakete, so dass die Bitrate konstant gering bleibt(1). Sie ist oft so niedrig, dass sie problemlos mit einem Dial-Up Modem erreicht werden könnte. Die durchschnittliche Paketgröße liegt weit unter der typischer Internetpakete von 400 bytes. Somit entfällt auch die Netzwerklast als Flaschenhals und wird hier nicht weiter behandelt.

Empirische Studien haben gezeigt, dass Spielerverhalten und Spielgefühl signifikant mit der Netzwerkverzögerung zusammenhängen. Die Betrachtung der Latenz steht in dieser Arbeit daher im Mittelpunkt.

## 1.5 Hintergrund

Warcraft III ist ein Echtzeitstrategiespiel (RTS) bei dem der Spieler die Kontrolle über mehrere Einheiten hat. Diesen Einheiten kann man Befehle geben und sie damit bewegen, ihnen Bauaufträge erteilen, Ressourcen sammeln und sie gegen Einheiten anderer Spieler oder des PCs kämpfen lassen. Der Spieler beobachtet das Geschehen aus der Vogelperspektive und steuert seine Spielfiguren ähnlich wie bei einem Brettspiel. Das Spielgeschehen läuft rundenlos. Warcraft III spielt in einem Fantasyuniversum in dem der Spieler das Kommando über eine von vier Fraktionen (Orks, Menschen, Elfen, Untote) übernimmt. Zur Netzwerkkommunikation ist Warcraft III in einer Client-Server Architektur organisiert.

Half-Life und Unreal Tournament 2003 sind futuristische First-Person-Shooter. Der Spieler sieht die Welt aus den Augen seiner Spielfigur (dem sog. Avatar). Meist ist

---

<sup>3</sup><http://www.unrealtournament2003.com>

<sup>4</sup><http://eu.blizzard.com/de/war3/>

<sup>5</sup><http://www.hlportal.de>

man hierbei in Teams organisiert mit welchen man gegen ein anderes Team Aufgaben erfüllt. Diese Aufgaben können z.B. das Erobern einer Flagge, Halten einer Position aber auch nur das Ausschalten der gegnerischen Teammitglieder sein. Bis zu 32 Spieler können sich mit einem Server in einer Client-Server Architektur verbinden und an einem Spiel teilhaben. Der Spieler sammelt Bonusgegenstände sowie Waffen ein und benutzt sie um die Avatare anderer Spieler auszuschalten. Dabei unterteilt man diese in Präzisionswaffen wie ein Scharfschützengewehr und Waffen mit Flächenwirkung wie einen Raketenwerfer.(1)

## 2 Real-Time-Strategy

N. Sheldon hat Latenzauswirkungen auf das Spielgefühl in RTS am Beispiel Warcraft III untersucht(7). Seine Vorgehensweise und Ergebnisse werden hier vorgestellt.

### 2.1 Vorbereitung

Zunächst wurden die grundlegenden Benutzerinteraktionen in drei Kategorien aufgeteilt: *Bauen* wenn Spieler Ressourcen sammeln, daraus ihre Stadt aufbauen und Einheiten ausbilden; *Erkunden* wenn Spieler ihre Einheiten über die Karte ziehen um die Umgebung zu erkunden und gegnerische Einheiten aufzuspüren; und *Kämpfen* wenn Einheiten des Spielers mit denen eines Mitspielers oder des PCs kämpfen.

Für jede dieser Kategorien wurden spezielle Testkarten entworfen um Interaktionen separiert zu betrachten und den Einfluss anderer Interaktionen auszuschließen.

In der Bauen-Karte wurde jeder Spieler in jeweils eine Ecke der Spielwelt positioniert. Diese waren so getrennt, dass niemand einen anderen stören konnte. Die Spieler bekamen unendlich Rohstoffe und durften immer nur ein Gebäude in Auftrag stellen. Das konnte nur von einer Spielfigur gebaut werden die pro Spieler auf eine Einheit begrenzt wurde. Die Zeit bis zum vollständigen Ausbau des Technologiebaumes wurde aufgezeichnet.

Für die Erkundungs-Karte wurde ein Labyrinth entworfen durch das der Spieler eine Einheit führen musste. Dabei hatte er bestimmte Wegpunkte zu passieren. Die Zeit bis zum Erreichen des Ausgangs wurde gemessen.

Die Kampf-Karte war eine einfache Arena in der sich zwei gleiche Armeen mit mehreren Einheitentypen gegenüberstanden. Diese waren so gewählt, dass sie Taktiken unterstützen und ein Spieler der seinen Einheiten im Kampf die richtigen Anweisungen gab einem anderen ohne Eingreifen überlegen war. Z.b. gab es mehrere Heiler, welche die Einheiten länger am Leben erhalten konnten. Die beiden Armeen waren ungefähr zehn Sekunden Laufstrecke voneinander entfernt. Als Maßeinheit wurde neben der Spieldauer auch eine Punktebewertung der überlebenden Einheiten des Gewinners aufgestellt. Dabei wurde jedem Einheitstyp eine Punktzahl entsprechend seiner Stärke und Kosten zugeteilt.

Das Testszenario bestand aus zwei Client-PCs und einem Server. Diese waren über einen NIST Net<sup>6</sup> Server miteinander verbunden. Jeweils einem Client wurde eine erhöhte

---

<sup>6</sup><http://snad.ncsl.nist.gov/nistnet/>

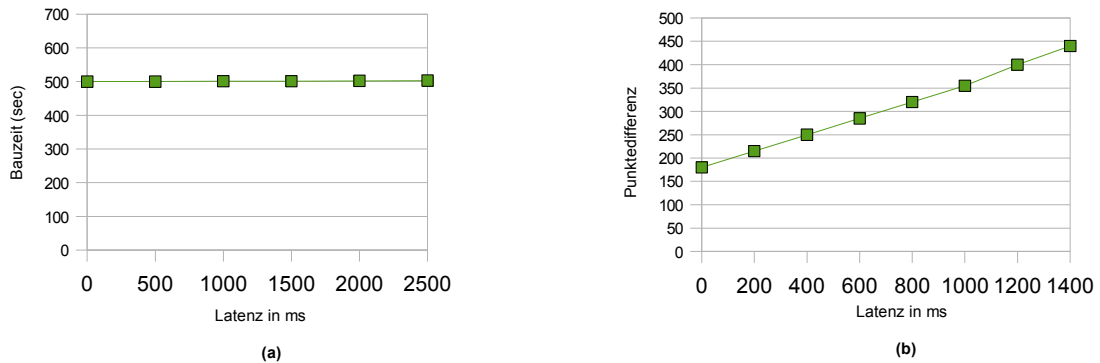


Abbildung 1: Warcraft III; (a) Bauzeit bei implizierter Latenz. (b) Punktzahl und Latenz im Kampf-Test

Netzwerkverzögerung impliziert.

Bevor die Analyse begann, wurden Pilotstudien durchgeführt. Warcraft III verwendet kein „handicapping“, d.h. es benachteiligt die anderen Spieler nicht, um eine hohe Latenz auszugleichen, und auch „dead reckoning“<sup>7</sup> wird nicht genutzt, der Zustand der Einheiten wird im Gesamten übertragen. Es gibt keine inkonsistenten Zustände.

## 2.2 Analyse

Sheldon analysierte die Versuchsdaten auf drei Ebenen: Netzwerkebene, Applikationsebene (Quantitativ) und Benutzerbefragungen (Qualitativ). Die einzelnen Abläufe in der Netzwerkebene tragen beim Spieler nur indirekt zum Spielgefühl bei und werden hier vernachlässigt.

**Applikationsebene:** Beim Bauen wurden nur sehr kleine Schwankungen der Zeitdauer in Abhängigkeit zur Latenz festgestellt (Abbildung 1 (a)). Ohne Netzwerkverzögerung dauerte es knappe acht Minuten bis zum vollständigen Ausbau des Technologiebaumes. Eine künstliche Latenz von bis zu 3,5 Sekunden verzögerte diese Zeit nur um 14 Sekunden, was weniger als 1% der Gesamtdauer ausmacht.  $R^2$  ist mit 0,05 sehr gering<sup>8</sup>, was eine sehr kleine Korrelation zwischen Latenz und Bauen bedeutet.

Beim Erkunden war der Verlauf der Ergebnisse ähnlich. Allerdings nahm die Erkundungszeit mit zunehmender Latenz deutlicher zu. Durchschnittlich um sechs Sekunden alle 100ms Netzwerkverzögerung. Ohne Latenz dauerte es etwa 4:07 Minuten um die Strecke zu bewältigen. Die wachsenden Verzögerungen können in einem Echtzeitstrategiespiel, z.B. beim Entdecken von Gegnern oder einer Flucht, Nachteile bedeuten. Sheldon nimmt auch an, dass der Spieler seine Einheiten mit

<sup>7</sup>Laufende Positionsbestimmung mit Hilfe der Geschwindigkeit, Richtung und Zeit

<sup>8</sup>Das Bestimmtheitsmaß  $R^2$  gibt an inwieweit die Varianz von x die Varianz von y beeinflusst

höherer Latenz ungenauer steuert und sie über längere Strecken schickt, anstatt sie auf kurzen Wegen im Detail zu kontrollieren.

Die Punktzahlen der Kämpfe ergaben ein Bestimmtheitsmaß von 0,01 (Punktzahl zu Latenz). Auch bei der Häufigkeit der Siege im Kampf ergab sich ein  $R^2$  von 0,07. Dies lässt darauf schließen, dass Latenzen bis zu 1600ms einen geringen Einfluss auf den Ausgang einer Warcraft III Schlacht haben.

**Spielerebene:** Die Auswertung von Spielerbefragungen ergab, dass es als relativ einfach empfunden wurde seine Strategie bei Latenzen von 0-500ms umzusetzen. Das Spiel ließ sich dabei noch flüssig spielen, wenn auch einzelne Befehle verspätet umgesetzt wurden. Daran konnten sich die Spieler aber schnell anpassen. Ab 800ms ruckelte es, was das Spielvergnügen merklich verminderte. Die Spieler fanden es nun schwierig, ihre Strategien umzusetzen. Der Punkt ab dem das Spielvergnügen kippte, lag bei jedem Nutzer etwas anders, konnte aber allgemein zw. 500ms und 800ms festgehalten werden.

### 2.3 Resultat

Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse, dass es quantitativ keine signifikanten Abhängigkeiten von Latenz und Spieleleistung gibt. Zumindest nicht bei den im Internet auftretenden Verzögerungszeiten. Die Latenz beeinflusst das Erkunden und das Kämpfen ein wenig. Bauzeiten werden fast nicht verzögert. Die geringe Abhängigkeit lässt sich durch die Natur der Strategiespiele erklären. Strategiespiele verlangen vom Spieler Kenntnis über die Umgebung und das Nutzen von Terrainvorteilen sowie strategisches Handeln. All das hat mehr Einfluss auf das Rundenergebnis als Reaktionszeit. Benutzerstrategien können mehrere Minuten brauchen um umgesetzt zu werden, typische Netzwerkverzögerungen von unter zwei Sekunden haben daher nur einen geringen Einfluss.

Nichtsdestotrotz werden Latenzen ab 800ms vom Spieler als störend empfunden und verringern das Spielvergnügen merklich.

## 3 First-Person-Shooter

Stellvertretend für First-Person-Shooter wird eine Studie zu den Auswirkungen von Latenz am Beispiel Unreal Tournament 2003 vorgestellt.

### 3.1 Vorbereitung

Die grundlegenden Interaktionen werden wieder in Kategorien eingeordnet. Diese sind: *einfaches Bewegen* (geradeaus), *komplexes Bewegen* (durch einen Parcours), *präzises Schießen* und *kombiniertes Bewegen und Schießen*. Für jede Kategorie wurde ein Test entworfen um sie einzeln untersuchen zu können. Die Tests bestanden immer aus mindestens einem Spieler oder BOT<sup>9</sup> mit einer Netzwerkverzögerung von null. Der Ver-

---

<sup>9</sup>Eine vom Computer kontrollierte Spielfigur



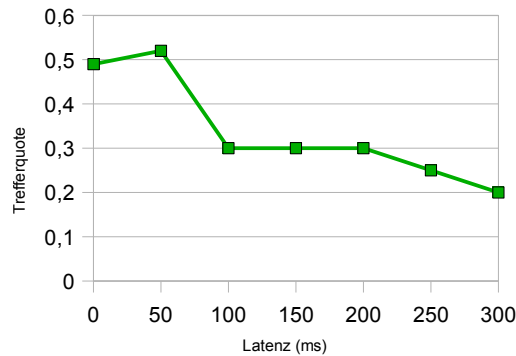


Abbildung 2: Trefferquote beim Präzisionschießen abhängig von der Latenz

suchsaufbau war dem der RTS in Kapitel 2 ähnlich.

Der Einfaches-Bewegen-Test bestand aus einer geraden Strecke welche zwei Spieler abzulaufen hatten. Ein dritter Spieler kontrollierte, wer als erster die Ziellinie erreichte.

Im Komplexes-Bewegen-Test musste ein Spieler durch einen vorher abgesteckten Parcours laufen, springen und Gegenstände einsammeln. Die Zeit die er dafür brauchte wurde gemessen.

Beim Test zum Präzisionsschießen benutzte ein Spieler eine Präzisionswaffe um einen anderen Spieler abzuschießen, welcher versuchte auszuweichen. Dabei wurden die Anzahl der Treffer in einer zehn Minuten dauernden Runde gezählt.

Um Waffen mit Flächenwirkung untersuchen zu können, ist es wichtig, auch die Bewegung in den Test mitaufzunehmen. Auf einer Standartkarte wurden dafür nur Waffen mit Flächenwirkung zugelassen. Die Anzahl der Treffer innerhalb von einer Runde wurde erneut gezählt.

In Pilotstudien hat man erkannt, das nur Latenzen von 0ms bis 400ms in der Realität vorkommen und hat die Tests entsprechend ausgerichtet.

### 3.2 Analyse

Wie bei der vorangegangenen Studie wurde wieder die Applikationsebene untersucht und Spieleraussagen ausgewertet.

**Applikationsebene:** Im Einfaches-Bewegen-Test liefen beide Spieler unabhängig von einer implizierten Latenz immer gleichzeitig über die Ziellinie. Daraus schloss man, dass Netzwerkverzögerungen keine messbaren Minderungen der Bewegungsgeschwindigkeit bewirken.

Der Komplexes-Bewegen-Test zeigte erst ab einer Latenz von 400ms eine leichte Erhöhung der Parcourszeit. Man schloss daraus, dass eine Latenz bis 300ms den Spieler kaum merkbar in der Bewegung einschränken.

Beim Präzisionsschießen zeigte sich die stärkste Abhängigkeit von erhöhter Latenz. Man erkennt in Abbildung 2, dass die Trefferquote bis zu einer Latenz von 75ms

leicht abnimmt. Bei 100ms fällt sie um 35%. Sie sinkt stetig weiter bis sie bei 300ms bei 50% des Normalwertes liegt.  $R^2$  ist mit 0,93 sehr hoch, was auf eine starke Korrelation von Trefferquote und Latenz hindeutet.

Nach der Auswertung der Ergebnisse von kombiniertem Bewegungen und Schießen zeigte sich ebenfalls eine hohe Abhängigkeit von der Latenz ( $R^2 = 0,92$ ). Ab einer Verzögerung von 75ms begann die Trefferquote zu leicht sinken. Auffällig war, dass sie bei 100ms um 35% einbrach. Ab einer Latenz von 200ms sank die Trefferquote linear auf 40% des Ursprungswertes.

**Spielerebene:** Befragungen der Spieler ergaben, dass Latenzen ab 75ms wahrgenommen werden. Ab 100ms wirkt das Spiel schwerfällig und beeinträchtigt das Spielvergnügen. Beim präzisen Schießen wurden die Verzögerungen besonders stark wahrgenommen. Doch auch beim kombinierten Schießen und Bewegungen wurden Latenzen ab 100ms als sehr störend empfunden, da das Spiel nicht schnell genug reagierte. Die Spieler hatten den Eindruck, als würde ihre Leistung durch die erhöhte Latenz stark abnehmen, auch wenn sich das in den quantifizierten Ergebnissen nicht immer widerspiegelte.

### 3.3 Resultat

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der Versuche bei einem RTS zeigen die Untersuchungen bei den FPS auch quantitativ signifikante Abhängigkeiten von der Latenz. Besonders das Präzisionsschießen leidet stark unter erhöhten Verzögerungszeiten, während einfache Bewegungen davon kaum beeinflusst werden. Die Versuche mit kombiniertem Schießen und Bewegungen bestätigten diese Erkenntnis und haben zudem gezeigt, dass Spieler bei steigender Latenz eher zu Waffen mit Flächenschaden greifen, um den Gegner trotz Ungenauigkeiten beim Zielen zu treffen.

Bis 75ms werden Latenzen kaum wahrgenommen. Der Spieler empfindet erst Latenzen ab 100ms als leicht beeinträchtigend. Die Spielerleistung nimmt ab diesem Wert auffällig ab. Latenzen ab 200ms werden als stark störend wahrgenommen.

Im Vergleich mit RPS sind FPS hinsichtlich Verzögerungen im Netzwerk viel empfindlicher. Sowohl die Spielergebnisse, wie auch das subjektive Spielempfinden der Spieler leiden schon bei geringen Latenzerhöhungen.

## 4 Relative Latenzen

Neben den Studien mit Versuchen unter Laborbedingungen eignen sich auch statistische Auswertungen an öffentlichen Spieleservern, um Informationen über den Einfluss von Latenz auf das Spielgefühl zu sammeln. T. Henderson hat 2001 in einer Studie mit einem Half-Life Server(4) neben den absoluten Latenzen zwischen Host und Client besonders den Einfluss relativer Latenzunterschiede zwischen Spielern untersucht. Die Netzwerktechnologien haben sich seitdem weiterentwickelt. Die absoluten Latenzen sind kleiner

geworden und die Netzwerkanwendungen haben sich daran angepasst. Heutige FPS stellen größere Anforderungen an die QoS als Half-Life im Jahr 2001. Allerdings sind die grundlegenden Erkenntnisse der relativen Latenz heute immer noch gültig.

## 4.1 Vorbereitung

Um genügend empirische Daten sammeln zu können wurde im University College London ein Standard Half-Life Server aufgestellt. Die Standardeinstellungen wie z.B. Rundenzeit und Spieleranzahl wurden nicht verändert. Zur Messung der Spielerdaten wurden in Half-Life integrierte Mechanismen genutzt. Der Server blieb einen Monat lang mit dem Internet verbunden.

Als besonders problematisch stellte sich die eindeutige Identifikation der Spieler auf dem Server heraus. Zwar besitzt jedes verkaufte Half-Life Spiel eine einzigartige WONID<sup>10</sup>, allerdings haben sich diese im Internet verbreitet, sodass mehrere Spieler mit derselben WONID den Server besuchten. Um einen Spieler zu identifizieren, wurde eine Kombination aus WONID und Nickname benutzt. Es wurden etwa 16000 Spieler innerhalb der Versuchszeit gezählt. Aus dem gesammelten Datenbestand wurden alle Einträge gelöscht bei denen die Latenz 0ms betrug oder über 1000ms lag. Es wird angenommen, dass es sich um Fehler handelt.

Man beobachtete die Aufenthaltsdauer der Spieler auf dem Server und ihre Latenz. Der Durchschnittswert der Netzwerkverzögerung lag bei ungefähr 100ms. Besondere Aufmerksamkeit galt der relativen Latenz zu anderen Spielern. Dafür bekam jeder Spieler einen seiner relativen Verzögerung entsprechenden Rang zugewiesen. Spielern mit einer großen Latenz wurde ein höherer Rang gegenüber Spielern mit einer kleineren Latenz zugeteilt.

## 4.2 Analyse

Die Auswertung der Daten ergab neben den mittleren absoluten Latenzwerten, welche aus heutiger Sicht nicht mehr zeitgemäß sind, auch Erkenntnisse über das Spielerverhalten in Abhängigkeit der relativen Latenz. Spieler mit einer hohen absoluten Latenz blieben kürzer auf dem Server als Spieler mit einer niedrigen. Jedoch hatten auch 40,56% der Spieler welche länger als 1 Minute spielten eine Verzögerung von 225ms. Auch der Abstand zu der Spieldauer der Spieler mit einer Latenz von über 225ms ist nicht signifikant.

Henderson definierte Stammspieler als solche, die mehr als zehn Mal spielten und deren durchschnittliche Spieldauer über einer Minute lag. Es wurden 279 Stammspieler erfasst. Stammspieler besaßen im Schnitt eine kürzere Netzwerkverzögerung als Gäste. Die mittlere Verzögerung lag 56ms unter dem allgemeinen Durchschnitt.

Neben der absoluten Latenz wurde auch die relative Latenz ermittelt. Die Auswertung der Spielerränge in Abbildung 3 zeigte, dass Spieler die unter einer Minute blieben mit höherer Wahrscheinlichkeit eine hohe relative Latenz hatten und somit auf einem

---

<sup>10</sup>Einzigartige Identifikationsnummer der CD

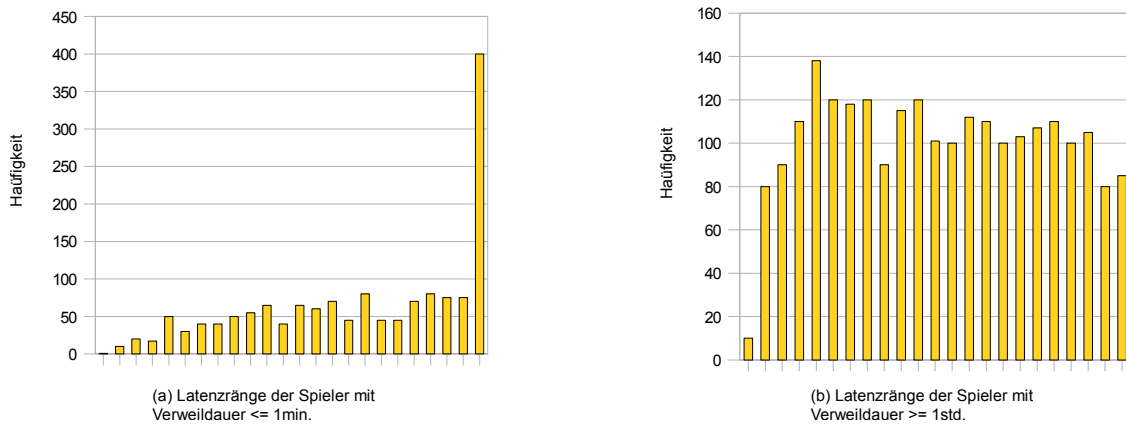


Abbildung 3: Relative Latenzränge

der unteren Ränge lagen. Die Anzahl der Spieler welche über eine Stunde blieben nahm mit steigendem Rang dagegen zu. Spieler welche länger spielten hatten somit eher eine niedrige relative Latenz. Diese Unterschiede waren allerdings statistisch nicht ausschlaggebend.

Die Spieler wurden ebenfalls nach Leistung bewertet. So wurde jedem Spieler einen Leistungswert zugewiesen der sich bei jedem Tod bzw. Treffer durch die benutzte Waffe (je mächtiger die Waffe desto geringer wurde die Änderung) und dem Wert des Gegners neu berechnete. In Korrelation mit der Netzwerkverzögerung ließ sich erkennen, dass bessere Spieler länger spielten als weniger gute. Es zeigte sich eine Korrelation zwischen Spielerleistung und Spieldauer ( $R = 0,378$ ). Zudem gab es eine negative Korrelation zwischen zunehmender Latenz und Spielerleistung ( $R = -0,231$ ).

### 4.3 Resultat

Es zeigt sich, dass die absolute Verzögerung nur noch einen kleinen Einfluss auf die Verweildauer der Spieler hat, sobald sie länger als eine Minute spielen. Sie treffen ihre Entscheidung zu bleiben sehr früh und es ist deutlich, dass eine hohe relative Latenz ein Verlassen des Servers begünstigt. Spieler mit einer relativ geringen Latenz bleiben eher und länger auf dem Server und besuchen ihn auch in Zukunft mit einer höheren Wahrscheinlichkeit. Ausgehend von der Abhängigkeit der Spielerleistung von der Latenz lässt sich leider nicht sagen, ob eine niedrige Latenz die Leistung fördert, oder ob gute Spieler stärker bei niedrigen Latenzen spielen. Es lässt sich allerdings nicht bestreiten, dass Latenzunterschiede einen Einfluss auf den Spieler haben.

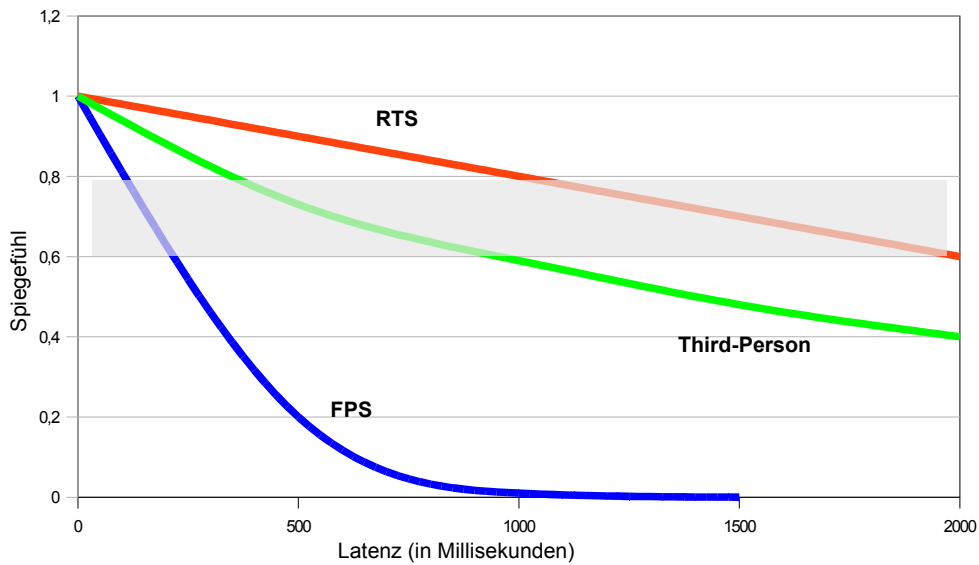


Abbildung 4: Spielgefühl in Abhängigkeit der induzierten Latenz in ausgewählten Genres

## 5 Zusammenfassung

Das Spielgefühl von Onlinespielern wird nachweislich durch die Latenz beeinflusst. Dabei reagieren die einzelnen Spielgenres und Handlungen innerhalb des Spiels unterschiedlich empfindlich. Wie Abbildung 4 zeigt, ist das Spielgefühl von FPS bei steigender Verzögerung schneller beeinträchtigt als bei RTS. Handlungen aus denen sich ein FPS zusammensetzt, wie Schießen und Bewegen des Avatars, werden direkt vom Spieler gesteuert. Hierbei werden Verzögerungen schnell als Verminderung der Reaktion wahrgenommen. Wie Abbildung 2 zeigt, nimmt besonders die Trefferquote bei leichter Latenzsteigerung auf 100ms schnell ab. Der Spieler versucht diese Reaktionsdefizite durch die Wahl einer weniger präzisen Waffe auszugleichen. Spiele mit wenig Präzisionswaffen, bei denen die Bewegungen des Spielers eine größere Bedeutung haben reagieren im Vergleich nicht so empfindlich auf erhöhte Latenzen. Third-Person Spiele, bei denen der Avatar aus einer Verfolgerperspektive gesteuert wird haben einen solchen Spielaufbau. Der Grenzwert für FPS, ab dem Beeinträchtigungen auftreten liegt bei 100ms.

RTS haben geringere Anforderungen an die Latenz. Selbst Latenzen von 2000ms verändern das Spielergebnis kaum. Der Grenzwert bei dem ein Spieler die Latenz als störend empfindet, liegt bei 800ms. Zwar trägt auch die Reaktionsgeschwindigkeit zum Spielergebnis bei, jedoch hat die allgemeine Strategie eine größere Bedeutung.

Daraus lässt sich für Spielegenres mit geringen Reaktionsanforderungen und einer stärkeren Gewichtung auf langfristige Planung eine noch geringere Abhängigkeit herleiten. Dazu gehören z.B. Wirtschaftssimulationen.

Bevor das Spielergebnis durch steigende Verzögerungen messbar beeinträchtigt wird

leidet jedoch schon das Spielgefühl der Nutzer. Sobald das Spiel nicht mehr flüssig läuft bzw. der Eindruck entsteht, dass die Reaktionen verlangsamt werden, wird das als störend empfunden. Damit ist zu erklären, warum es Spieler auch von der Latenz abhängig machen, ob sie einen Server betreten, dort verweilen und den Server erneut besuchen.

Der relative Latenzunterschied zu den Gegnern wird als Reaktionsvorteil /-Nachteil empfunden und trägt bewusst zu diesen Entscheidungen bei.

Die Auswirkungen von Netzwerkverzögerungen auf das Spielgefühl von Onlinespielern sind nachweisbar. Jedoch weichen die Ergebnisse quantitativer Messungen häufig von dem subjektiven Empfinden der Spieler ab. Zukünftige Studien könnten darauf genauer eingehen.

## Literatur

- [1] BEIGBEDER, T., COUGHLAN, R., LUSHER, C., PLUNKETT, J., AGU, E., AND CLAYPOOL, M. The effects of loss and latency on user performance in unreal tournament2003. In *In NetGames '04: Proceedings of 3rd ACM SIGCOMM workshop on Network and system support for games* (2004), ACM Press, pp. 144–151.
- [2] BORELLA, M. S. Measurement and interpretation of internet packet loss. *Journal of Communication and Networks 2* (2000), 93–102.
- [3] CLAYPOOL, K., AND DETERMINES, L. Latency and player actions in online games. *Commun. ACM 49* (2006), 2006.
- [4] HENDERSON, T. Latency and user behaviour on a multiplayer game server. In *J. Crowcroft and H.Hofmann (Eds.) : NGC 2001, LNCS* (2001), pp. 1–13.
- [5] HENDERSON, T. The effects of relative delay in networkedgames, February 2003.
- [6] JIN RYONG KIM, I. K. P., AND SHIM, K. H. The effects of network loads and latency in multiplayer online games. In *L.Ma, R. Nakatsu, and M.Rauterberg (Eds.): ICEC 2007, LCNS 4740* (2007), pp. 427–432.
- [7] SHELDON, N., GIRARD, E., BORG, S., CLAYPOOL, M., AND AGU, E. The effect of latency on user performance in warcraft iii. In *In Proceedings of the ACM NetGames Workshop* (2003).
- [8] VIVENDI. Vivendi: Very good first quarter2008 outlook confirmed. press release, May 2008.