

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Anforderungsspezifikation</b>	<b>2</b>
1.1	Einführung . . . . .	2
1.2	Derzeitiges System . . . . .	4
1.3	Vorgeschlagenes System . . . . .	5
<b>2</b>	<b>Design</b>	<b>6</b>
2.1	Übertragungstechniken für die Messdaten . . . . .	9
2.2	Aufnahme und Übertragung der Videodaten . . . . .	14
2.3	Weiterverarbeitung der Daten . . . . .	14
2.4	Archivierung . . . . .	15
2.5	Einstellungen . . . . .	16
2.6	Visualisierung . . . . .	17

# 1 Anforderungsspezifikation

## 1.1 Einführung

Beim Skifahren besteht die Aufgabe des Ski-Trainers darin, den Ski-Fahrer dabei zu unterstützen seine Technik zu verbessern um somit bessere Zeiten beim Abfahrtslauf zu erzielen. Der Trainer hat dazu die Möglichkeit den Fahrer bei der Abfahrt zu beobachten. Allerdings hat er keine Möglichkeit festzustellen, was wirklich im Übergang zwischen Schuh, Ski und Boden passiert - sprich welche Kräfte wirken. Er kann zwar aufgrund der Körperhaltung und eigenen Erfahrungswerten bestimmte Rückschlüsse ziehen, was aber fehlt ist die Gewissheit darüber, was genau am Boden passiert. Es bestand schon lange der Wunsch die wirkenden Bodenreaktionskräfte genau zu messen. Hierzu wurden einige Messeinrichtungen konzipiert die aber zum einen zu ungenaue Messwerte lieferten und zum anderen zu umständlich zu handhaben waren.

### 1.1.1 Systemübersicht

Es ist nun unsere Aufgabe die wirkenden Kräfte zu messen und diese möglichst anschaulich zu visualisieren. Die Messung soll möglichst exakte Werte liefern um nicht nur qualitative sondern auch quantitative Aussagen zu ermöglichen. Außerdem soll das Messsystem sowohl leicht handhabbar als auch für den Skifahrer ungefährlich einsetzbar sein. Des Weiteren sollen die gewonnenen Messdaten automatisch aufbereitet und dargestellt werden. Sowohl Fahrer als auch Trainer soll somit eine einfache Möglichkeit zur Verfügung gestellt werden, um die absolvierten Läufe zu analysieren.

### 1.1.2 Szenarien

#### **Szenario: Analyse nach Abfahrtslauf**

Es wird ein Skihang ausgesucht der möglichst gut einsehbar ist. Am Ende des Hangs wird eine kleine Station aufgebaut, die aus einem Notebook mit Funkmodul und einer digitale Videokamera besteht. Der Skifahrer wird mit der Messplatte und einem PDA ausgestattet. Der Fahrer startet sein Messsystem und beginnt mit der Abfahrt. Während dieser werden die Messdaten auf dem PDA aufgezeichnet. Ist der Fahrer in Sichtweite der Station, wird die Videoaufzeichnung gestartet. Die Videodaten werden dann bereits während der Aufzeichnung auf das Notebook übertragen. Die während der Fahrt gemessenen Daten werden über eine Funkverbindung auf das Notebook übertragen. Ist der Lauf beendet wird die Aufzeichnung gestoppt. Der Trainer wählt nun einen der zur Verfügung gestellten Visualisierungsmodi aus und kann zusammen mit dem Fahrer den gerade absolvierten Lauf analysieren. Während der Analyse des Laufs kann bereits ein neuer Lauf aufgezeichnet werden. Die Daten werden für eine spätere Verwendung archiviert.

**Szenario: Analyse des Laufs am Ende des Trainings**

Es wird wieder ein passender Skihang ausgesucht. Der Trainer ist nun lediglich mit einem Rucksack, in dem sich das Notebook befindet, und einer Kamera ausgestattet. Der Fahrer wird wieder mit Messplatte und PDA ausgestattet. Es wird keine weitere Ausrüstung benötigt. Es werden nun mehrere Abfahrtsläufe absolviert und aufgezeichnet. Nachdem das Training beendet ist werden in einem späteren Meeting die Läufe genauer analysiert. Hierbei kann jeder Lauf mehrmals, mit verschiedenen Visualisierungsmöglichkeiten, betrachtet werden.

**Szenario: Abfahrtslauf aus Sicht der Fahrer und Trainer**

Der Skifahrer muss nur die Messplatten einschalten, die sich entweder zwischen Schuh und Bindung oder direkt im Schuh befinden, und MeViKuM auf dem PDA starten. Der Trainer schließt die Videokamera am Notebook an und startet MeViKuM auf diesem. Er muss nun dem System mitteilen welche Fahrer am Training teilnehmen und welche PDAs sie verwenden. Das Notebook kann nun geschlossen und in einem Rucksack verstaut werden. Wenn der Fahrer nun den Hang hinunterfährt, kann der Trainer durch einfaches betätigen des Rec. Schalters an der Kamera die Aufzeichnung beginnen welche automatisch auf dem Notebook gespeichert wird. Wird die Aufzeichnung gestoppt, holt sich MeViKuM auf dem Notebook sobald das PDA in Reichweite ist automatisch die zu diesem Zeitraum gehörenden Messdaten. Anhand dieser Messdaten ist es möglich den Lauf einem Fahrer zuzuordnen. Nun kann entweder gleich eine weitere Sequenz aufgenommen werden oder die aktuelle Sequenz angezeigt und visualisiert werden. Dazu Wird MeViKuM auf den Visualisierungsmodus umgeschaltet und zwischen verschiedenen Visualisierungsmodi gewählt.

1. Der Skifahrer schaltet das Messsystem zwischen Bindung und Skischuh ein und startet das MeViKuM-System auf dem PDA.
2. Nun beginnt der Skifahrer den Abfahrtslauf.
3. Der Skifahrer gesellt sich zu seinem Trainer und Analysiert den eben gefahrenen Ablauf.

**Szenario: Analyse eines Laufs aus Sicht des Trainers**

1. Der Trainer schaltet die Kamera ein und schließt diese an das Notebook an. Auf diesem startet er das MeViKuM-System und Verstaut das Gerät im Rucksack.
2. Nun filmt er den Fahrer bei seiner Abfahrt durch betätigen des Aufnahmeschalters und stoppt diese ebenso.

3. Der Trainer holt den Fahrer zu sich, öffnet das Notebook und schaltet in den Visualisierungsmodus um. Nun kann er gemeinsam mit dem Fahrer dessen Ablauf analysieren.

### **Szenario: Abfahrtslauf aus Sicht der Fahrer und Trainer**

1. Der Skifahrer muss nur die Messplatten einschalten, die sich entweder zwischen Schuh und Bindung oder direkt im Schuh befinden, und MeViKuM auf dem PDA starten.
2. Der Trainer schließt die Videokamera am Notebook an und startet MeViKuM auf diesem. Er muss nun dem System mitteilen welche Fahrer am Training teilnehmen und welche PDAs sie verwenden. Das Notebook kann nun geschlossen und in einem Rucksack verstaut werden.
3. Wenn der Fahrer nun den Hang hinunterfährt, kann der Trainer durch einfaches betätigen des Rec. Schalters an der Kamera die Aufzeichnung beginnen welche automatisch auf dem Notebook gespeichert wird. Wird die Aufzeichnung gestoppt, holt sich MeViKuM auf dem Notebook sobald das PDA in Reichweite ist automatisch die zu diesem Zeitraum gehörenden Messdaten. Anhand dieser Messdaten ist es möglich den Lauf einem Fahrer zuzuordnen.
4. Nun kann entweder gleich eine weitere Sequenz aufgenommen werden oder die aktuelle Sequenz angezeigt und visualisiert werden. Dazu Wird MeViKuM auf den Visualisierungsmodus umgeschaltet und zwischen verschiedenen Visualisierungsmodi gewählt.

#### **1.1.3 Use Case**

Die Aktoren in unserem System sind zum einen die Trainer und zum anderen die Skifahrer. Der Skifahrer ist mit einer Messplatte und ein MeViKuM ist auf die Messdaten und die Videodaten angewiesen. Während wir davon ausgehen, dass sich die Kamera in der Nähe des Rechners befindet, und somit die Übertragung der Videodaten kein Problem darstellt ist die Übertragung der Messdaten komplizierter.

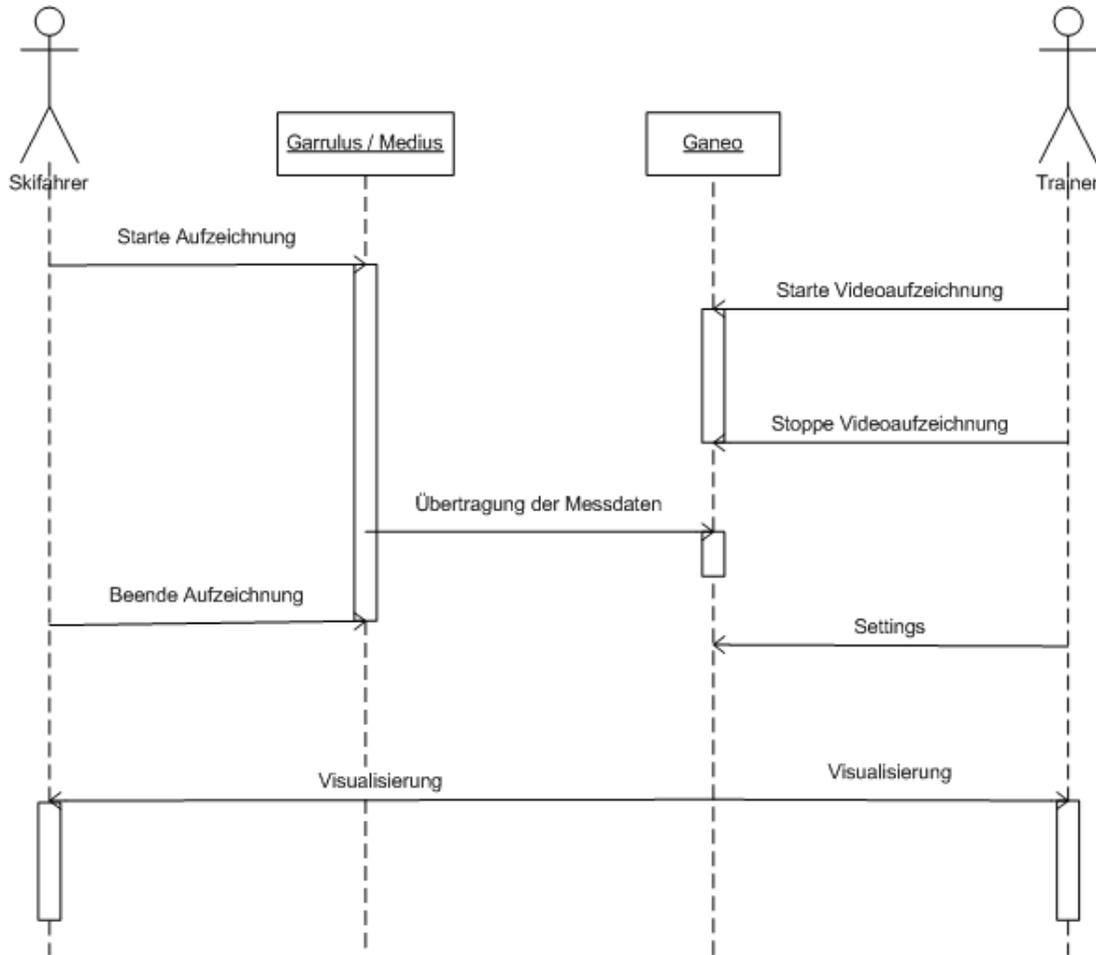


Abbildung 1: Sequenzdiagramm

## 1.2 Derzeitiges System

Es existieren bereits verschiedene Systeme mit deren Hilfe es möglich ist die Kräfte, die beim Skifahren auftreten zu messen. Zum einen existiert eine Messplatte, die einen ähnlichen Aufbau hat, wie die Messplatte die in diesem Projekt realisiert werden soll. Zum anderen existiert eine Art modifizierte Socke an der verschiedene Sensoren im Inneren des Schuhs angebracht werden. Beide Systeme haben das Manko, dass sie umständlich zu handhaben sind und die Messgenauigkeit nicht ausreichend ist. Die somit erhaltenen Daten wurden nun einzeln für jeden Fuß sowohl qualitativ in einem Zeit-Kraft-Diagramm als auch in einem Kraft-Verteilungs-Diagramm bezüglich der x-y-Achsen dargestellt. Diese Daten wurden nun gleichzeitig zum Videobild in einem eigenen Fenster angezeigt. Die Visualisierung der Daten wurde noch nicht automatisiert, sondern per Hand, gemacht. Da dies einige Zeit in Anspruch genommen hat war eine Auswertung des Laufs erst zu einem späteren Zeitpunkt möglich. Zur Erstellung des Videos wurde ein gut einsichtiger Hang genommen und der Lauf von unten gefilmt.

## 1.3 Vorgeschlagenes System

### 1.3.1 Überblick

Das im folgendem Vorgeschlagene System soll sowohl intuitiv bedienbar als auch eine intuitive Visualisierung der Bodenreaktionskräfte sofort nach einer Abfahrt ermöglichen. Die Übertragung soll über Funk und soweit wie möglich automatisch stattfinden. Zudem werden so weit möglich Standardtechnologien und -komponenten verwendet. Die Messplatte, welche die Rohdaten in digitale Werte umwandelt, sendet diese per Funk an ein handelsübliches PDA, welches diese mit einem Zeitstempel versehen zwischenspeichert um diese später auf Anfrage der zentralen Einheit (das Notebook) an diese übermittelt.

Die Zentrale Einheit wird mit einer Kamera verbunden und zeichnet das Videosignal auf um es darauf mit den Messdaten zu synchronisieren und die Visualisierung zu erzeugen. Bei diesem System hat man einen sehr viel geringeren Aufwand beim Vorbereiten und Einrichten des Systems, sowie bei der Übertragung, Aufbereitung und Visualisierung der Daten.

Des Weiteren ermöglicht es das Vorgeschlagene System die Analyse einer Abfahrt ohne Wartezeit sofort nach der Abfahrt durchzuführen. Die benötigten Komponenten kann man bis auf die Messplatte in jedem Computerfachmarkt oder sogar in Kaufhäusern erwerben.

### 1.3.2 Funktionale Anforderungen

MeViKuM (Messung und Visualisierung von Kräften und Momenten) soll die Bodereaktionskräfte, die beim Skifahren wirken sowie die Videodaten in einem Zeitfenster von ca. 30-60 Sekunden aufnehmen. Die Bodenreaktionskräfte erhalten wir von zwei speziell angefertigten Messplatten, die sich zwischen Ski-Schuh und Ski-Bindung befinden und die mit einer gewissen Anzahl von Sensoren ausgestattet sind. Die Messdaten dieser Sensoren sollen mindestens 100-200 mal pro Sekunde abgetastet werden, damit können wir Frequenzen bis zu 100 Hertz erkennen. Um den Aufwand einer Verkabelung zu vermeiden wäre eine Funkübertragung der Messdaten wünschenswert. Die Videoaufzeichnung wird mit einer handelsüblichen Kamera angefertigt. Zunächst gehen wir davon aus, dass nur von einer Position aus aufgenommen wird, aber ein Schwenk der Kamera möglich sein soll, d.h. der Fahrer ist sowohl von vorne als auch von hinten zu sehen. Die Videodaten sollen möglichst bald nach Beendigung des Laufs an dem Rechner verfügbar sein, auf dem die Visualisierung stattfindet. Die beiden eben genannten Datenströme sollen synchronisiert und visualisiert werden. Bei der Visualisierung sollen zu dem erfassten Video verschiedene intuitiv verständliche Darstellungen der Messdaten eingeblendet, im Idealfall direkt ins Video eingepasst werden. Des Weiteren soll es möglich sein zwischen den verschiedenen Visualisierungsarten zu wechseln. Die idealen Visualisierungsmodi werden sich dann bei verschiedenen Tests ergeben. Das System soll von beiden Parteien intuitiv und leicht bedienbar sein. Das heißt es soll möglichst automatisiert ablaufen und es soll nur eine kurze

Einarbeitungszeit notwendig sein. Die Stromversorgung sollte möglichst für eine ganze Trainingseinheit gesichert sein.

### 1.3.3 Nicht-Funktionale Anforderungen

Der Ladestatus der Batterie in der Messplatte sollte jederzeit vom Benutzer abgefragt werden können und ein Warnsignal sollte bei niedrigem Batteriestand ertönen. Die Integrität der Daten bei der Übertragung muss gewährleistet sein. Bei Problemen mit der Übertragung muss es möglich sein die Daten nachträglich zu übertragen. Nach dem Einschalten soll das PDA sofort ohne weitere Benutzerinteraktion betriebsbereit sein. Im Falle eines Ausfalls, soll wenn möglich eine Resetfunktion das Gerät wieder in einen betriebsbereiten Zustand bringen. Die aufgenommenen Daten werden mit dem zugehörigen Video synchronisiert und auf dem Notebook gespeichert. Zu einem späteren Zeitpunkt soll es jederzeit möglich sein die aufgenommenen Abläufe zu betrachten. Die früheren Läufe eines Fahrers sollen einfach zu finden sein. Liegen Video und Messdaten auf dem Rechner zur Verfügung, soll es möglich sein den Lauf möglichst schnell visualisiert zu bekommen. Es muss sowohl eine Entwicklerdokumentation, die die Weiterentwicklung des Systems zu einem späteren Zeitpunkt möglich machen soll, und eine Benutzerdokumentation erstellt werden. Das System muss so ausgelegt werden, das es den Witterungsbedingungen auf der Skipiste gerecht wird.

### 1.3.4 Pseudo-Anforderungen

Es soll Standardsoftware verwendet werden, hierbei bietet sich Matlab an. Das System soll Modular gestaltet werden um es einfach erweiterbar zu halten.

## 2 Design

Nachdem im vorherigen Kapitel die Anforderungen, die an das MeViKuM gestellt werden, beschrieben wurden, widmen wir uns nun dem Design des Systems. An dieser Stelle muss nun auch der Aufgabenbereich von Informatikern und Maschinenbauern genauer festgelegt werden. Der einzige Bereich in dem es eine Verbindung unter den beiden Teams gibt, ist auf dem Weg der Messdaten von deren Entstehung hin zu Ganeo. Der Weg ist schematisch in Abbildung 2 dargestellt. Unsere Aufgabe beginnt im wesentlichen mit der Übertragung der in Garrulus entstehenden Daten.

Im folgenden werden wir den Aufbau des Systems genauer analysieren. Wir werden dabei zuerst die Möglichkeiten zur Übertragung der Messdaten genauer untersuchen. Anschließend werden die Aufnahme und Übermittlung der Videodaten genauer betrachtet werden.

- Garrulus: Bezeichnung für das Messsystem zwischen Bindung und Schuh
- Medius: Name des PDAs welchen der Skifahrer bei sich trägt
- Ganeo: Notebook bzw. Zentrale auf der die Weiterverarbeitung stattfindet

Liegen nun die Daten in Ganeo vor, kann mit der Weiterverarbeitung begonnen werden. Dies beinhaltet die Archivierung, Synchronisation und Visualisierung der Daten.

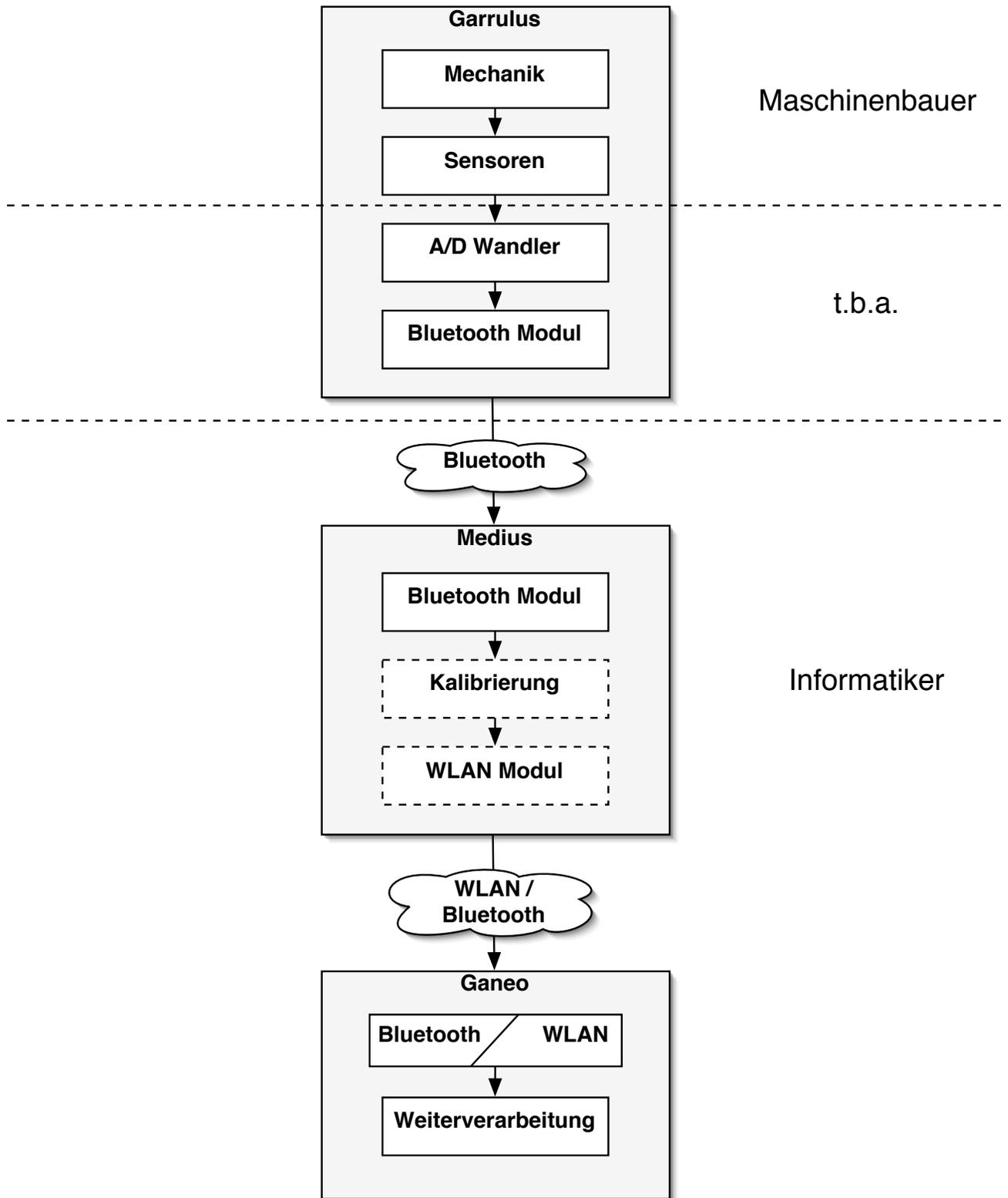


Abbildung 2: Weg der Messdaten

## 2.1 Übertragungstechniken für die Messdaten

Für die Übertragung der Messdaten von Garrulus zu Ganeo stehen mehrere Alternativen zur Verfügung, die wir im Folgenden kurz vorstellen möchten.

### 2.1.1 Verwendung einer Zwischenstation: Medius

Neben der direkten Kommunikation zwischen Garrulus und Ganeo gibt es auch noch die Möglichkeit eine Zwischenstation, bei uns Medius genannt, einzuführt. Medius wäre ein personal digital assistant (PDA) und würde am Skifahrer befestigt werden. Aufgrund der geringen Größe und des niedrigen Gewichts stellt dies kein Problem dar. Die Verwendung einer Zwischenstation hat den Vorteil, dass in der Messplatte nur noch eine Übertragung über kurze Distanz durchgeführt werden muss, und somit kleinere und stromsparende Komponenten verwendet können. Da Garrulus aus zwei Bindungen besteht spart man sich auch die Kommunikation zwischen diesen Beiden. Außerdem können die Messdaten der beiden Garrulus-Geräte in der Zwischenstation bereits zusammengefasst und vorverarbeitet werden. Dies hat den Vorteil, dass Ganeo Rechenarbeit abgenommen wird und einheitliche Daten an Ganeo übertragen werden. Ganeo muss also nicht mehr die messplatten-spezifischen Details kennen. Zudem kann Medius die gewonnen Messdaten zwischenspeichern, so dass keine ständige Verbindung zu Ganeo bestehen muss. Außerdem könnte Medius die Daten komprimieren, so dass sie später schneller an Ganeo übertragen werden.

Die direkte Verbindung wird nun in zwei Verbindungen, nämlich von Garrulus zu Medius und von Medius zu Ganeo aufgespalten. Kennzeichnend für die Verbindung von Garrulus zu Medius ist, dass sie nur eine Distanz von ca. 1 Meter überbrücken muss und dass ein Medius mit zwei Garrulus Komponenten kommunizieren muss. Für die Verbindung von Medius zu Ganeo ist kennzeichnend, dass sie auch über eine größere Distanz geht und nicht ständig zur Verfügung stehen muss. Der Nachteil der Einführung von Medius ist, dass man eine weitere Komponente in das System integrieren muss und somit die Komplexität des Gesamtsystems erhöht.

### 2.1.2 Auflistung und Bewertung existierender Übertragungstechniken

Im folgenden sind die möglichen Übertragungstechniken kurz aufgelistet und anhand folgender Kriterien charakterisiert: Reichweite, Stromverbrauch, Übertragungsrage, Größe der Komponente, Komplexität der Ansteuerung, Übertragungssicherheit, Komfort für den Fahrer.

	Kabel	Bluetooth	Wireless LAN	GPRS
Reichweite:	einige Meter (Kabellänge)	10m (Klasse 2) 100m (Klasse 1)	100m (max.) (IEEE 802.15.3)	Unbegrenzt <sup>1</sup>
Stromverbrauch:	– <sup>2</sup>	60 mA typ. (Senden) 0,1-10 mA (Standby)	280 mA (Senden) 36 mA (Standby)	250 mA (Senden) 3,5 mA (Idle)
Übertragungsrate:	115 KBit/s (RS232) 12 MBit/s (USB)	723 KBit/s (asynchron) 433 KBit/s (synchron)	54 MBit/s real: 17 MBit/s	bis 85,6 KBit/s
Abmessungen:	– <sup>3</sup>	16 x 20 x 2 mm	23 x 25 x 3 mm	44 x 44 x 6 mm
Komplexität:	Niedrig (bei RS232)	Hoch (Niedrig mit SPP)	Hoch (für Garrulus)	Niedrig (etwa wie Kabel)
Übertragungssicherheit:	Hoch	Mittel	Mittel	Mittel
Komfort:	Niedrig	Hoch	Hoch	Hoch

<sup>1</sup>(abhängig von vorhandener Infrastruktur)

<sup>2</sup>nur einseitige Stromversorgung notwendig

<sup>3</sup>Keine zusätzlichen Komponenten. Es gibt eben ein Kabel!

## Kabel

Reichweite: Einige Meter (Kabellänge)

Stromverbrauch: Nur einseitige Stromversorgung notwendig

Übertragungsrate: 115 KBit/s (RS232) oder 1,5 MBit/s (USB: low speed) bzw. 12 MBit/s (USB: full speed)

Abmessung: Keine zusätzlichen Komponenten. Allerdings Kabel

Komplexität: Hoch, wenn USB verwendet wird. (aktuelle PDAs haben keine RS232 Schnittstelle mehr) Niedrig wenn RS232 verfügbar

Übertragungssicherheit: Hoch, aber die Steckverbindung ist ein kritischer Punkt

Komfort: Niedrig, da physikalische Verbindung.

## Bluetooth

Reichweite: 10 Meter für Klasse 2, 100 m für Klasse 1

Stromverbrauch: 60 mA typ. (Senden), 0,1-10 mA (Standby)

Übertragungsrate: asynchron: 723,2 KBit/s (90 KB/s), synchron: 433,9 KBit/s (50 KB/s)

Abmessung: 16 x 20 x 2 mm (Briefmarke)

Komplexität: Niedrig, wenn Serial Port Profile unterstützt wird

Komfort: Hoch

Links: <http://zuff.info/Bluetooth.html>

## Wireless Local Area Network (WLAN)

Reichweite: maximal 100 Meter (IEEE 802.15.3)

Stromverbrauch: 280 mA (Senden), 36 mA (Standby)

Übertragungsrate: 54 MBit/s (IEEE 802.15.3), real 17 MBit/s

Abmessung: 23 x 25 x 3 mm

Komplexität: Hoch, aber in PDAs ist Unterstützung vorhanden (Netzwerkunterstützung)

Komfort: Hoch

## GPRS

Reichweite: Abhängig von vorhandener Infrastruktur. Unbegrenzt.

Stromverbrauch: 250 mA (senden), 3,5 mA (idle)

Übertragungsrate: Packet Data bis 85,6 kbps (ca. 10 KB/s)

Abmessung: 44 x 44 x 6 mm

Komplexität: 7 allgemeine I/O-Ports und serieller bidirektionaler Bus auf CMOS 2,8 V, RS232 CMOS 2,8 V mit Flußkontrolle (RX, TX, CTS, RTS, CTS, DTR, DSR, DCD, RI), Easy GPRS ermöglicht einfachen Zugriff ins Internet

Übertragungssicherheit: Hoch

Komfort: Hoch

Links: <http://www.gsm-modem.de/gps/gprs-modul.html> [www.falcom.de](http://www.falcom.de)

### 2.1.3 Bewertung der Übertragungstechniken

Im folgenden werden wir nun die oben vorgestellten Übertragungstechniken aufgrund ihrer Verwendungsmöglichkeit bei der Datenübertragung von Ganeo, Garrulus und Medius. In Abbildung 3 werden die möglichen Übertragungstechniken zwischen den einzelnen Komponenten aufgezeigt.

#### Garrulus zu Ganeo direkt

Für eine direkte Kommunikation zwischen Garrulus und Ganeo würden sich mehrere Übertragungsmöglichkeiten anbieten. Es wären: WLAN, Bluetooth, GSM und Kabel.

Die Verwendung von WLAN hat den Vorteil, dass weite Bereiche des Hangs abgedeckt werden können und es bereits zu einer Übertragung der Messdaten während des Laufs kommen kann, zudem bietet WLAN eine sehr hohe Übertragungsrate. Das WLAN Modul würde an der Messplatte befestigt oder integriert. In das Notebook müsste eine WLAN-Karte eingebaut werden oder ein separater Access-Point aufgebaut werden um eine höhere Reichweite zu erreichen. Der Nachteil hierbei liegt am relativ hohen Stromverbrauch des WLAN Moduls, was gerade bei Garrulus schwer wiegt.

Der Vorteil bei der Verwendung von Bluetooth ist der relativ geringe Stromverbrauch des Bluetooth Moduls. Der Nachteil liegt darin, dass die Kommunikation nur auf eine relativ kurze Entfernung durchgeführt werden kann, d.h. dass die Messdaten erst am Ende des

Laufs übertragen werden können und der Skifahrer sich für einen gewissen Zeitraum in der Nähe von Ganeo aufhalten muss.

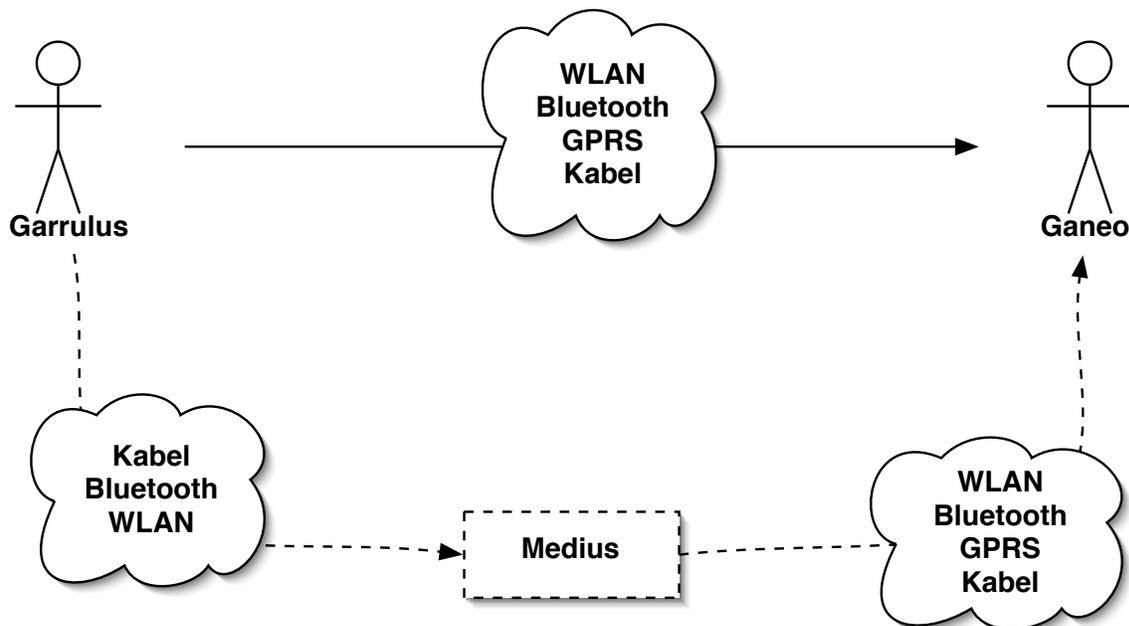


Abbildung 3: Übertragungstechniken

Die Verwendung von GPRS hat den Vorteil, dass falls die Infrastruktur vorhanden ist eine Kommunikation während des kompletten Laufs möglich ist. Der Nachteil liegt in der relativ großen Abmessung des GPRS Moduls und dass die Kommunikation mit Kosten verbunden ist. Zudem ist die Übertragungsrate deutlich niedriger als bei den anderen Funkübertragungstechniken.

Die Verwendung eines Kabels hat den Vorteil, dass keine weiteren Komponenten in die Messplatte integriert werden müssen und somit der Stromverbrauch minimiert wird. Allerdings müssen sämtliche Daten gespeichert werden; der dazu notwendige Speicherchip benötigt Strom und macht Garrulus komplizierter und größer.

Der Nachteil liegt darin, dass der Anschluss eines Kabels sehr umständlich ist und die Daten erst nach Beendigung des Laufs ausgelesen werden können. Dies führt zu einer deutlichen Verzögerung des Trainings. Diese Variante könnte für die Anfangsphase sehr nützlich sein, da Übertragungsfehler ausgeschlossen werden können und dies die einfachste Variante darstellt um die Messdaten zu übertragen.

## Garrulus zu Medius und Medius zu Ganeo

Im folgenden Absatz wird die Kommunikation von Garrulus zu Ganeo untersucht, wobei hierbei eine zusätzliche Zwischenstation eingesetzt wird. Als Übertragungstechniken von Garrulus zu Medius würden sich Kabel, Bluetooth und WLAN anbieten, für die Übertragung der Messdaten von Medius zu Ganeo WLAN, Bluetooth, GSM und Kabel. Wir werden im folgenden nicht alle möglichen Kombinationen untersuchen sondern nur einige ausgewählte, die am sinnvollsten erscheinen:

Bei der Kommunikation von Garrulus zu Medius ist Bluetooth WLAN vorzuziehen, da Bluetooth einen deutlich niedrigeren Stromverbrauch hat und für die geringe Entfernung der beiden Geräte ausreichend ist. Der Vorteil bei der Verwendung von WLAN ist, dass falls für die Kommunikation von Medius zu Ganeo auch WLAN eingesetzt wird nur eine Übertragungstechnik eingesetzt wird, was zu einer Reduzierung der Komplexität führt. Als letzte Variante zur Übertragung von Garrulus zu Medius bietet sich die Verwendung eines Kabels an. Dieses müsste in den Skianzug des Fahrers integriert werden. Dies ist umständlicher als die Verwendung von Funkübertragung, allerdings stellt das Kabel auch eine sehr sichere und einfache Kommunikationsplattform dar.

Bei der Kommunikation von Medius zu Ganeo existieren im wesentlichen die gleichen Möglichkeiten wie bei der direkten Kommunikation. Die Bewertung der untersuchten Übertragungsmöglichkeiten ist ähnlich. Unterschiedlich im Vergleich zur direkten Kommunikation ist die höher Akkukapazität, die bessere Ansteuerungsmöglichkeit und das größere Speichervolumen das uns in Medius zur Verfügung steht.

### 2.1.4 Vorgeschlagene Übertragungstechniken

#### *Kabel - autark*

Die Minimallösung: Der Skifahrer braucht kein zusätzliches Gerät, die Datenspeicherung ist in Garrulus integriert. Dafür muss der Fahrer ein Kabel an die Messplatte anstecken; diese Kabelverbindung muss vor Schnee geschützt werden.

#### *Bluetooth/WLAN*

Garrulus bleibt relativ einfach, die Strecke Medius - Ganeo ist lang und schnell. Einziger Nachteil: i.d.R. wird eine zusätzliche Steckkarte in Medius benötigt

#### *WLAN/WLAN*

Es wird eine einheitliche, sehr schnelle Funkübertragung verwendet. Garrulus wird etwas komplizierter und braucht mehr Strom.

#### *Bluetooth/Bluetooth*

Garrulus und Medius bleiben einfach und verwenden eine einheitliche Funktechnik, aber der Fahrer muss sich nach der Abfahrt für ca. 5-10 Sekunden in Reichweite von Ganeo befinden. Die Entscheidung zwischen diesen Varianten ist nicht so wichtig, da die Cha-

rakteristika dieser Techniken relativ ähnlich sind. Die Entscheidung hängt hauptsächlich davon ab, ob man sich auf einen Übertragungsstandard beschränken oder die Vorteile der verschiedenen Standards nutzen will.

*Entscheidung jetzt notwendig? Ansteuerungsmöglichkeiten ähnlich?*

## 2.2 Aufnahme und Übertragung der Videodaten

Für die Aufnahme der Videodaten wird eine digitale Videokamera eingesetzt. Diese wird über ein Kabel direkt mit Ganeo verbunden. Die Videodaten werden bereits während des Aufnehmens übertragen. Wir beschränken uns vorerst darauf, dass wir nur von einer Kameraposition aus filmen. Die Kamera ist entweder fest auf einem Stativ montiert oder ein Assistent filmt den Abfahrtslauf. Falls die Abfahrt per Hand gefilmt wird sind auch Kameraschwenks möglich, was zur Folge hat, dass der Fahrer sowohl von vorne als auch von hinten gefilmt wird. Die feste Montage der Kamera hätte den Vorteil, dass die spätere Weiterverarbeitung vereinfacht werden würde.

Sobald die Kamera im Aufnahmemodus ist, wird das aktuelle Bild der Kamera an Ganeo übertragen. Ganeo erkennt nun, dass ein neuer Abfahrtslauf begonnen hat und speichert das Video ab. Ist der Lauf zu Ende, dies wird dadurch kenntlich gemacht, dass die Kamera nun nicht mehr im Aufnahmemodus ist, muss die Videodatei einem Skifahrer zugeordnet werden. Diese Information erhält man aus den aktuellen Messdaten.

## 2.3 Weiterverarbeitung der Daten

Liegen nun sowohl die Messdaten als auch die Videodaten auf dem System vor, so müssen die erhaltenen Daten vielleicht noch aufbereitet werden, falls dies vorher noch nicht geschehen ist. So könnten die Videodaten nochmals bearbeitet werden müssen um Interlacing Effekte zu vermeiden. Bei den erhaltenen Messdaten könnten noch Kalibrierungsaufgaben anstehen. Nach der Aufbereitung erfolgt die Synchronisation. Die Synchronisation ist notwendig, da später Video- und Messdaten zeitgleich angezeigt werden sollen. Da die Videodaten direkt an Ganeo übertragen werden ist die Aufnahmezeit exakt feststellbar. Bei der Übertragung der Messdaten ist es davon abhängig welche Kommunikationsvariante eingesetzt wird. Wird Medius eingesetzt, so versieht Medius die von Garrulus erhaltenen Daten mit seiner Zeit. Ist nun eine Kommunikation mit Ganeo möglich, so werden die Daten mit den Zeitinformationen übertragen. Außerdem wird die aktuelle Systemzeit von Medius übertragen. In Ganeo kann nun also eine direkte Zuordnung von Video- und Messdaten erfolgen.

Die Daten werden noch mit Informationen wie dem Namen des Fahrers, Witterungsbedingungen, etc. angereichert und auf einer Datenbank archiviert. Welche Informationen das sind, wird im nächsten Paragraphen ausführlicher erklärt. Somit ist es möglich auf

frühere Läufe des gleichen Fahrers zuzugreifen und somit Entwicklungen der Fahrtechnik zu erkennen.

Anschließend erfolgt die Visualisierung der Daten abhängig von den Einstellungen, die vom Trainer vorgenommen wurden.

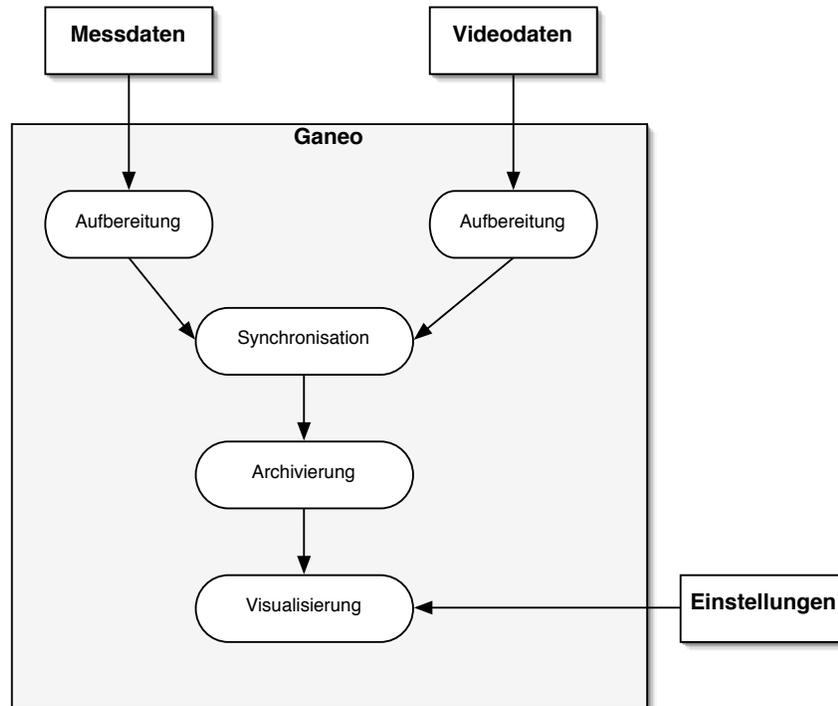


Abbildung 4: Weiterverarbeitung in Ganeo

## 2.4 Archivierung

Die wesentliche Aufgabe der Archivierung besteht darin, die aufgezeichneten Video- und Messdaten so abzuspeichern, dass es später einfach möglich ist wieder darauf zuzugreifen. Es werden allerdings nicht nur die zwei Datenströme abgespeichert sondern auch noch zusätzliche Informationen zum Lauf. Zu Beginn eines Trainings wird eine neue Session geöffnet. Es werden nun Session spezifische Informationen eingegeben, wie Witterungsbedingungen, Schneeeigenschaften, Ziel der Session, anwesende Trainer etc. Als nächstes werden den Mediusgeräten Fahrer zugeordnet. Die Fahrer sind entweder schon von vorherigen Sessions im System gespeichert oder müssen neu angelegt werden. Es können nun noch spezielle Eigenschaften für den Fahrer eingegeben werden, die nur für diese Session gelten, wie z.B. eine leichte Verletzung oder die Erprobung neuer Ausrüstung.

Liegen nun die synchronisierten und aufbereiteten Video- und Messdaten auf Ganeo vor so werden sie zusammen mit den Session- und Läuferinformationen auf einer Datenbank

gespeichert. Zudem kann der Trainer im Nachhinein auch noch Notizen zum Lauf machen, die auch gespeichert werden. Dies könnte z.B. eine Bewertung des Laufs sein oder Besonderheiten die ins Auge gefallen sind.

Es werden also Informationen über die Session, über den Fahrer allgemein, über den Fahrer in der Session und über einen speziellen Lauf gespeichert. Diese etwas kompliziert anmutende Zerteilung der Daten erleichtert bzw. ermöglicht erst eine spätere Analyse.

Zudem wird über die genaue Charakterisierung der Läufe die Aussagekraft der Messwerte erhöht. Anhand der gemachten Angaben können nun alle Läufe eines speziellen Fahrers angezeigt werden, oder alle Läufe eines Fahrers auf vereister Piste, oder alle guten Läufe eines Fahrers auf vereister Piste, etc. Dies soll deutlich machen, dass aufgrund der Selektionseigenschaften nochmals mehr Erkenntnisse gewonnen werden können, als durch die reine Betrachtung der Messwerte in einem Lauf.

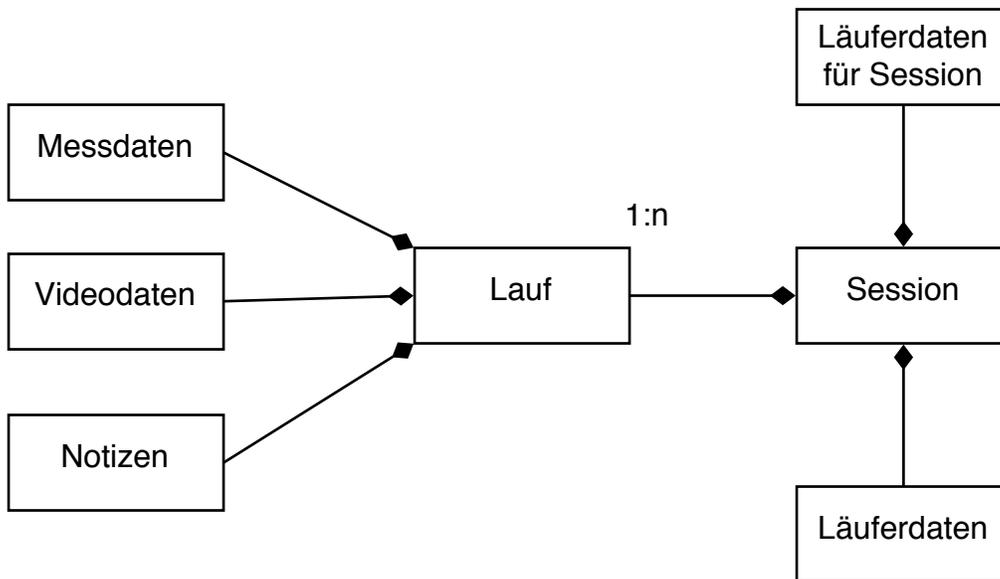


Abbildung 5: Datenmodellierung

*Mögliche Themen: Welche Datenbank verwenden? Anforderungen an die Datenbank? Es gibt nicht viele gleichzeitige Zugriffe auf die Datenbank (weniger als 2, gleichzeitig abrufen und schreiben). Die Datenmenge pro Lauf (Video 10 MB?, Messdaten:  $[200/s * 16\text{Bit} * 20 \text{ Sensoren} * 60s = 3.840.000]$  0,5 MB) ca. 10 MB. D.h. sehr geringe Datenmenge. D.h. keine hohen Anforderungen an die DB.*

## 2.5 Einstellungen

Bevor mit der Visualisierung des Laufs begonnen werden kann müssen noch die Eigenschaften der Visualisierung festgelegt werden. So ist nun zu entscheiden auf welche Art und Weise die Messdaten zusätzlich zu dem Video angezeigt werden sollen, oder in dieses eingeblendet werden soll. Hierzu wird das erste Bild der Videosequenz angezeigt und es wird, je nach Auswahl, das entsprechende Diagramm eingeblendet. Das Diagramm kann wie gewünscht auf der Benutzeroberfläche verschoben werden, wobei die ausgewählte Position anschließend auch für das Video übernommen wird. Zudem werden bestimmte, häufig verwendete, Kombinationen von Diagrammen angeboten, sogenannte Schemata, um den Einstellungsaufwand zu verringern. Außerdem lassen sich auch individuelle Schemata erstellen und speichern.

Es können allerdings nicht nur Einstellungen vor Beginn der Visualisierung vorgenommen werden. Je nach verwendeter Visualisierungsart können Eigenschaften auch während des Betrachtens geändert werden. Dies sind z.B. bei Verwendung des 3D-Modells die Perspektive des Schuhs und damit die angezeigten Kräfte und Momente. Hierbei stehen mehrere Möglichkeiten zur Verfügung um diese Eingaben durchzuführen. Es bieten sich die Standard-Eingabegeräte Tastatur und Maus an. Es würde sich aber auch anbieten ein reales Modell eines Skischuhs zu verwenden, so dass sich je nach Bewegung des realen Modells entsprechend das virtuelle Modell bewegt.

## 2.6 Visualisierung

Die erhaltenen synchronisierten Video- und Messdaten liegen nun Ganeo, wo sie zur Visualisierung genutzt werden können. Dabei muss entschieden werden, welche Informationen visualisiert werden sollen. Wir unterscheiden dabei zwischen *fahrtechnischen* und *physiologischen* Informationen. Bei den fahrtechnischen Informationen will man erfahren wie der Skifahrer gefahren ist um ihn auf mögliche Schwächen aufmerksam zu machen. D.h. es ist interessant wie die *Gewichtsverlagerung* und die *Belastungsverteilung* während des Laufs war.

Unter der Gewichtsverlagerung versteht man Informationen darüber, wo sich der Schwerpunkt des Skifahrers relativ zu den Skiern befindet. Es kann also z.B. festgestellt werden, ob der Fahrer eher in Rück- oder Vorderlage gefahren ist.

Die andere Möglichkeit ist die Belastungsverteilung. Hierbei wird die Belastung der beiden Skier getrennt von einander untersucht und verglichen. Die Darstellung der Belastung kann entweder absolut oder relativ zueinander erfolgen. Da sich laut neuester Untersuchungen beim Carving die besten Laufzeiten ergeben, wenn beide Skier gleichmäßig belastet werden, ist diese Information sehr wichtig.

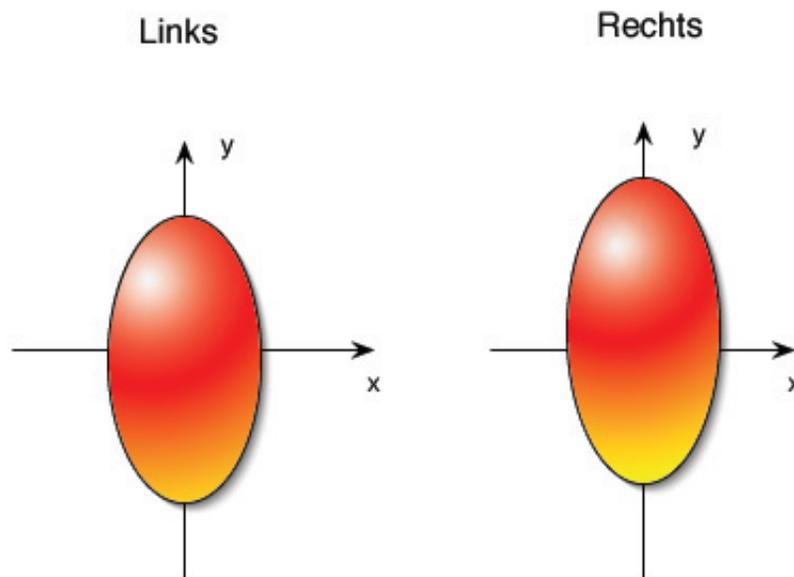
Bei den physiologischen Informationen interessiert eher welchen Belastungen der Fahrer

ausgesetzt ist. D.h. welchen Kräfte auf den Fahrer und damit auf die Bänder, Sehnen und Knochen wirken.

Für die Visualisierungen gibt es verschiedene Möglichkeiten die jeweils unterschiedliche Kräfte mehr oder weniger intuitiv, sowie mehr oder weniger exakt darstellen. Im folgenden wollen wir diese detaillierter untersuchen.

### 2.6.1 X-Y Diagramm

Hierbei wird die Information auf einem Koordinatensystem dargestellt. In kurzen Abständen wird ein Punkt abhängig von der Lage des Ski-Fahrers auf dem Koordinatensystem gemalt. Am Ende des Laufs lässt sich daraus schlussfolgern wie der Skifahrer tendenziell sein Gewicht während der Fahrt verlagert hat. Die Kontur lässt sich auch noch durch eine Ellipse oder ein Polygon annähern, wodurch eine einfachere Interpretation möglich ist. Da diese Ellipse jedoch nur zeigen würde in welchem Bereich die Gewichtsverlagerung stattfand, ist es möglich mit einer gefärbten Ellipse zu arbeiten. Siehe Abbildung 6. Der Farbverlauf lässt sich auch auf eine der Beiden Koordinaten projizieren, wodurch es möglich ist nur die Verlagerung Vorne-Hinten oder Links-Rechts zu betrachten. Man würde einen Balken erhalten der durch einen Farbverlauf die durchschnittliche Verlagerung des Gewichts anzeigen würde.



**Abbildung 6:** X-Y Diagramm. Die weiße Stelle markiert das Zentrum der Verlagerung. Gelbe Stellen deuten auf geringere Belastung hin.

Eine Möglichkeit die Gewichtsverlagerung während der Analyse zu einem punktuellen Zeitpunkt zu visualisieren, wäre ein Punkt der sich während das Video läuft auf dem Koordinatensystem bewegt. Die Abtastrate ist dabei frei wählbar, um ein mehr oder

weniger hektisches Wandern des Punktes zu erreichen. Der Punkt könnte auch einen Schweif hinterlassen, wodurch die Bewegung besser nachvollziehbar wäre.

### **Gebirgsdiagramm**

Das Gebirgsdiagramm ist eine Erweiterung des X-Y Diagramms. Es wird hierbei eine Ebene dreidimensional dargestellt. Der aktuelle Punkt der Belastung führt zu einer Erhöhung der aktuellen Position im Diagramm. Somit werden also auch ständig die alten Daten angezeigt. Am Ende ergibt sich ein Gebirge, aus dessen Höhenverlauf die Gewichtsverlagerung ersichtlich wird.

### **3D-Sphäre**

Dieses Modell dient hauptsächlich der Visualisierung in Echtzeit. Während der Skifahrer auf dem Video den Hang hinunter fährt, wird durch zwei 3D-Sphären mit einer Markierung in der Mitte die Gewichtsverlagerung durch Auslenkung der Sphären verdeutlicht. Statt der Sphären wäre es auch denkbar andere 3D-Modelle zu verwenden. Dabei müsste noch festgestellt werden, welche Modelle die gewünschte Information besser übermitteln. Ein Beispiel für ein Modell wird folgend gezeigt.

#### **2.6.2 3D Modell**

Eine besonders schöne Möglichkeit zur Visualisierung aller drei Kräfte und Momente bietet die Verwendung eines 3D Schuh-Modells. Dieser Schuh würde im Ursprung eines Koordinatensystems plaziert. Die Kräfte würden zu einer Verschiebung aus dem Ursprung heraus führen. Die Momente bewirken ein Kippen des Schuhs in die entsprechende Richtung. Des Weiteren besteht die Möglichkeit den Schuh doppelt und überlagert darzustellen, wobei ein Modell leicht transparent dargestellt wird und den idealzustand, bzw. den Startzustand darstellt. Dadurch wird es möglich durch die relativen Verschiebungen oder drehungen um die drei Achsen die wirkenden Kräfte besser erkennen und einschätzen zu können.

Eine andere Möglichkeit besteht in der Färbung des Schuhs. Dadurch können Aussagen über die Summe der Kräfte oder über die Ruckartigkeit der Änderung zu machen, denen der Schuh ausgesetzt ist. Auch könnten Kräfte und Momente durch in das Modell eingearbeitete Pfeile dargestellt werden.



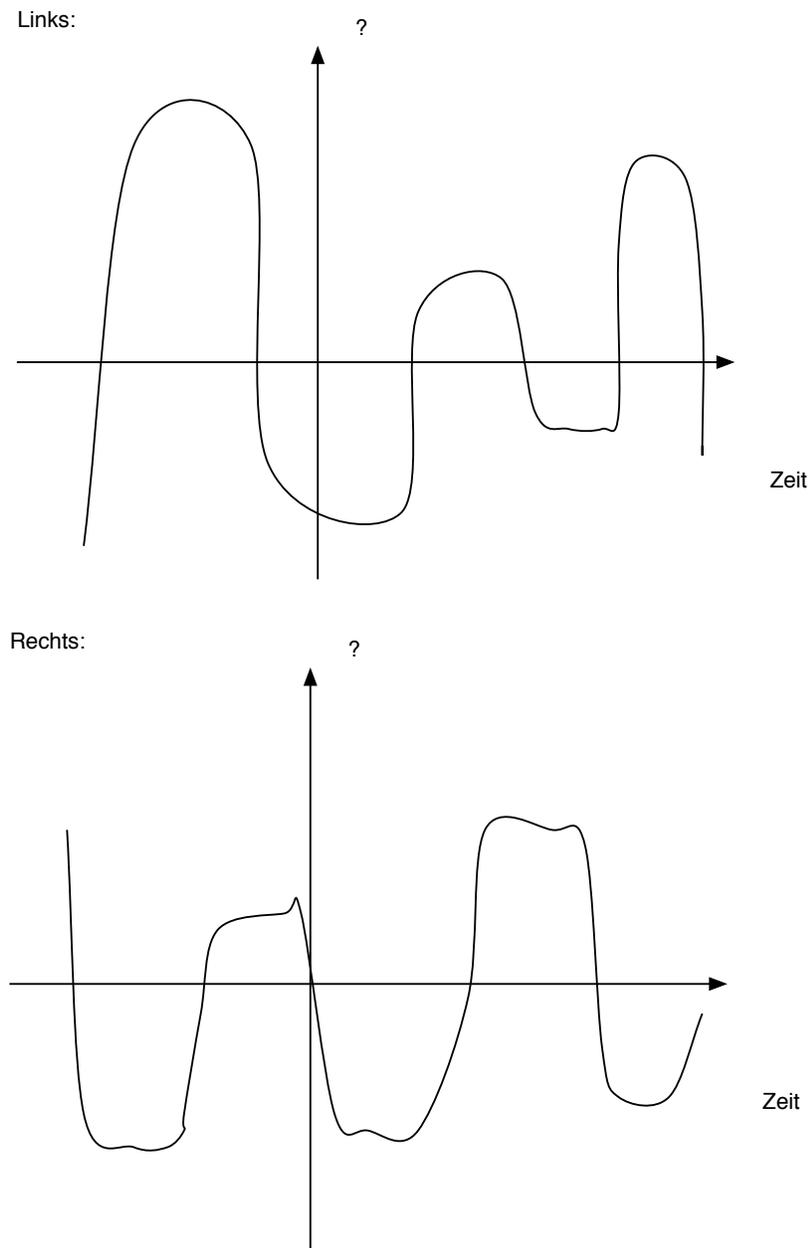
Abbildung 7: 3D Schuh - vorne

### 2.6.3 Zeit-Kraft Diagramm

Ein weitere Diagrammtyp besteht darin Daten bezüglich der Zeit nicht nur momentan sonder über einen größeren Zeitraum darzustellen. Möglich Daten wären die einzelnen Momente, Kräfte oder eine Kombination. In dem bisher verwendeten System wurden Zeit vs. die Kräfte auf der Z-Achse beider Skier dargestellt. Dabei wird das Diagramm für links und rechts jeweils unterschiedlich gefärbt. Der Vorteil dieser Darstellung liegt darin, dass Entwicklungen sehr gut sichtbar werden, da vergangene und zukünftige Daten exakt dargestellt werden.

Dies kann nun durch ein Diagramm welches den gesamten Zeitraum erfasst dargestellt werden, wobei ein Marker den aktuellen Zeitpunkt markiert dargestellt werden. Siehe Abbildung 8

Eine andere Möglichkeit besteht darin ein Fenster mit einem fixen Marker zu verwenden in dem sich das Diagramm verschiebt und dadurch ein Zeitfenster entsteht in dessen Bereich die Information dargestellt wird. Dies hat den Vorteil, dass man sehr viel flexibler ist, wenn es darum geht unterschiedlich lange Sessions darzustellen.



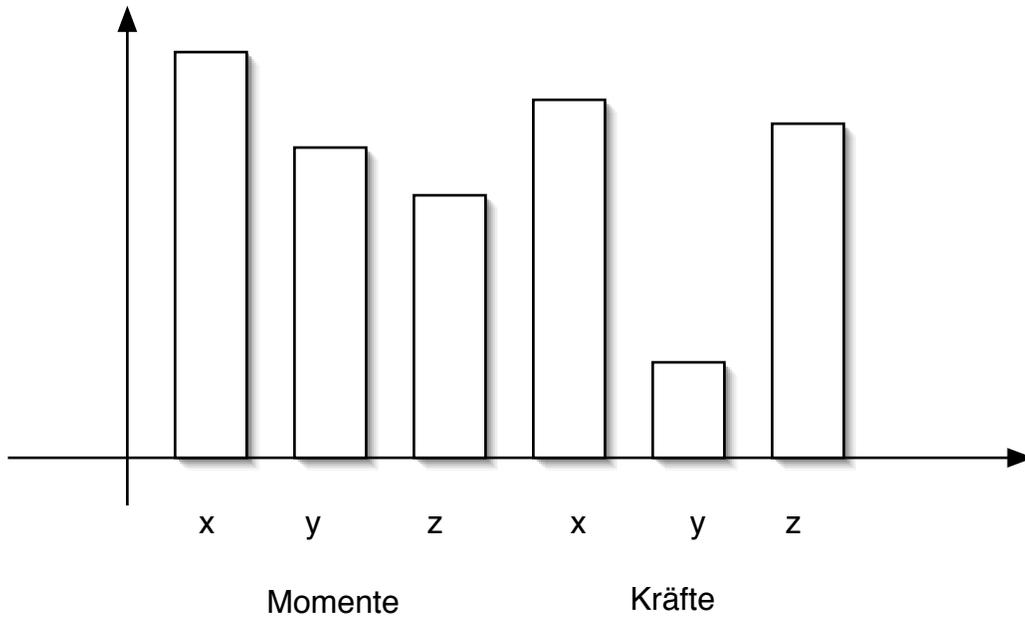
**Abbildung 8:** Zeit - Kraft Diagramm

#### 2.6.4 Balkendiagramm

Die Verwendung eines Balkendiagramms ermöglicht es mehrere Daten gleichzeitig und übersichtlich darzustellen wie z.B. Momente, Kräfte, Sensordaten etc. In Abbildung 9 ist eine Kombination von Momenten und Kräften gewählt. Zusätzlich können den Balken noch Numerische Werte zugewiesen werden, wodurch eine exakte Übersicht aller vorhandenen Kräfte und Momente entsteht. Der Nachteil an diesem Diagrammtyp liegt darin,

dass immer nur die aktuellen Werte sichtbar sind.

Links:



Rechts:

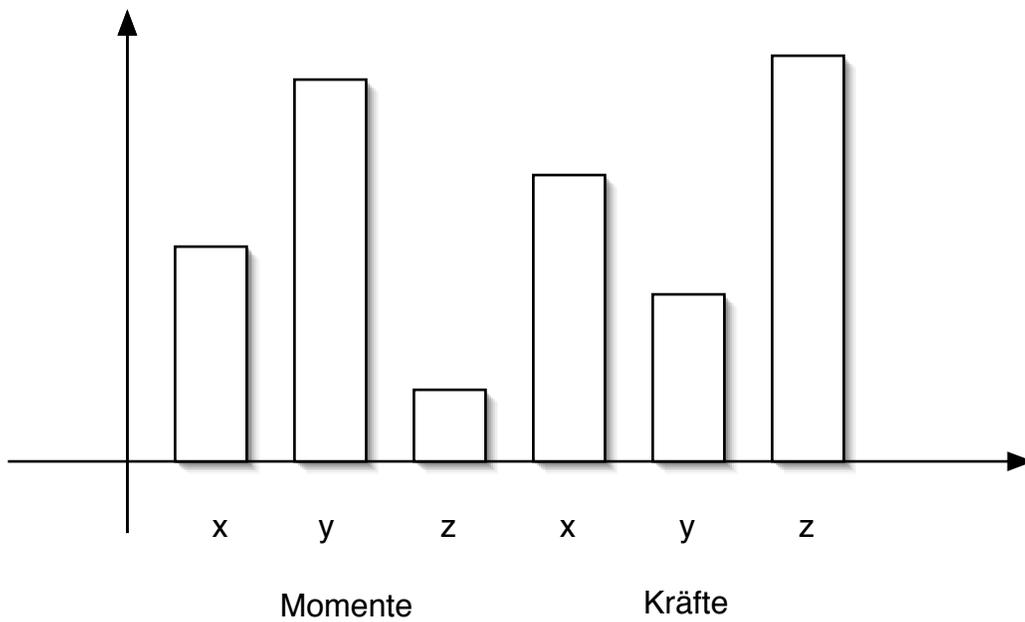


Abbildung 9: Balkendiagramm - Momente und Kräfte

### 2.6.5 3D - Liniendiagramm

Das 3D-Liniendiagramm ermöglicht es mehrere Datenreihen übereinander darzustellen und darüber hinaus auch noch deren Verlauf.

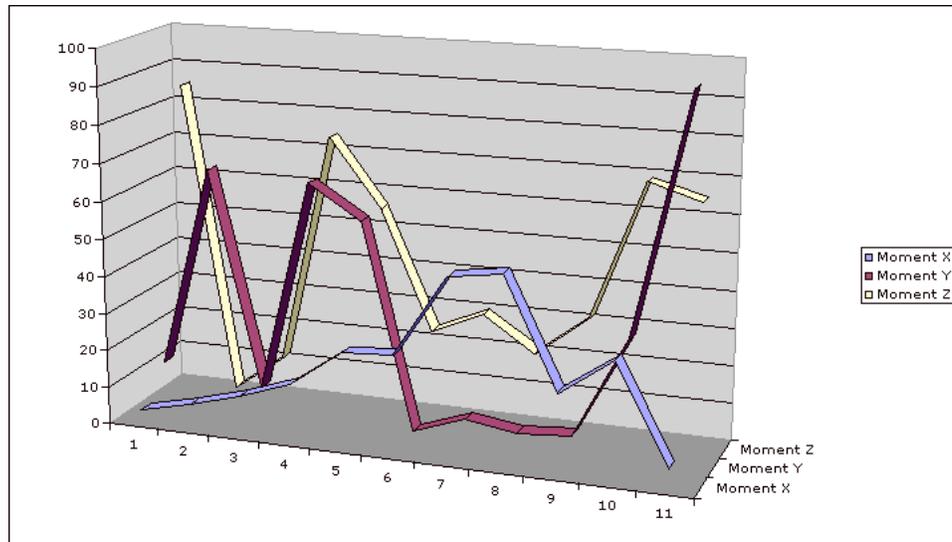


Abbildung 10: 3D - Liniendiagramm

### 2.6.6 Augmented Reality

Neben den oben beschriebenen Möglichkeiten zur Visualisierung, bei denen die Diagramme an einer bestimmten Position im Videobild eingeblendet werden, ist es auch vorstellbar, die Daten direkt in das Video einzubinden. Hierzu ist notwendig, die Position und Lage des Skifahrers im Videobild zu bestimmen. Der Prozess in dem die Position und Orientierung berechnet wird heißt Tracking. Ist der Fahrer getrackt, so kann die Spur des Skifahrers im Videobild eingeblendet werden. Darüberhinaus können die wirkenden Kräfte direkt am Skifahrer eingezeichnet werden. Der Beobachter hat nun alle Informationen direkt am Skifahrer und muss nicht mehr zwischen Fahrer und Diagramm hin und her wechseln.

Der Nachteil bei diesem Verfahren besteht darin, dass keine exakte Darstellung der Information möglich ist, da die Auflösung eines Videos meist nicht sehr hoch ist und dieser schon beim filmen möglichst gut verfolgt werden muss.

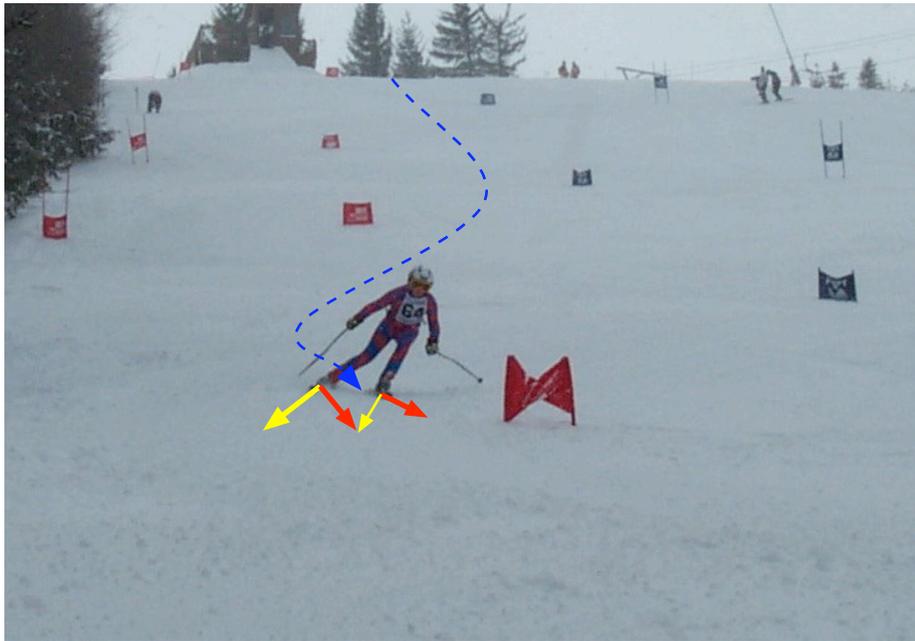


Abbildung 11: Augmented Reality

### 2.6.7 Fazit

Die Wahl der richtigen Visualisierung hängt nun von mehreren Faktoren ab. Zum einen sind die verschiedenen Optionen mehr oder weniger intuitiv verständlich. zum anderen mehr oder Weniger exakt. Auch muss berücksichtigt werden, ob man nur die zeitlich zum aktuellen Videobild passenden Informationen haben will, ein Zeitfenster oder gar über den gesamten Lauf.