



In der biomechanischen Forschung sammeln wir häufig Daten zur Bewegungserfassung (Markertrajektorien) und Kraft (analoge Daten), um die Gelenkkinematik (Gelenkwinkel und Gelenkwinkelgeschwindigkeiten) und die Gelenkkinetik (Gelenkmomente und Gelenkkraft) zu berechnen. Normalerweise werden diese experimentellen Daten mit Motion-Capturing-Software wie Qualysis Track Manager oder Vicon Nexus, um nur einige zu nennen, gesammelt. Unabhängig davon, welche Software zur Erfassung der biomechanischen Daten eingesetzt wird, hat sich die C3D-Dateierweiterung als Standard für die weitere Datenverarbeitung etabliert. Obwohl C3D-Dateien von der Motion-Capturing-Software geöffnet werden können, stehen ressourcenschonende und quelloffene Werkzeuge zur Visualisierung und Veränderung von C3D-Dateien zur Verfügung. In diesem Tutorial lernst Du, das

1. [Visualisieren von C3D Daten mit Hilfe von Mokka](#)
2. [Laden von C3D Daten mit BTK in Matlab](#)
3. [Downloads](#)

## 1. Visualisieren von C3D Daten mit Hilfe von Mokka

Mokka ist eine frei nutzbare und plattformübergreifende Software zur einfachen Analyse biomechanischer Daten. Mokka kann von der Website <http://biomechanical-toolkit.github.io/mokka/index.html> heruntergeladen werden und erfordert keine Installation.

Nach dem Herunterladen und Entpacken der Mokka-Version für Dein Betriebssystem sollte der Ordner wie in Abbildung 1 dargestellt aussehen. Klicke auf Mokka und eine grafische Benutzeroberfläche (GUI), die wie Abbildung 2 aussieht, öffnet sich.



Executable Mokka Programm

MokkaHelp	15.02.2013 16:59	Dateiordner	
phonon_backend	14.12.2012 09:40	Dateiordner	
Mokka	06.05.2013 11:02	Anwendung	9.018 KB
MokkaUpdater	02.05.2013 10:34	Anwendung	33 KB
msvc90.dll	16.04.2012 09:13	Anwendungserwei...	834 KB
msvcr90.dll	16.04.2012 09:13	Anwendungserwei...	627 KB
phonon4.dll	03.12.2012 13:52	Anwendungserwei...	334 KB
QtCore4.dll	03.12.2012 13:01	Anwendungserwei...	3.121 KB
QtGui4.dll	03.12.2012 13:31	Anwendungserwei...	10.412 KB
QtNetwork4.dll	03.12.2012 13:04	Anwendungserwei...	1.140 KB
QtOpenGL4.dll	03.12.2012 13:38	Anwendungserwei...	897 KB

Figure 1: Mokka folder after unpacking the .zip file.

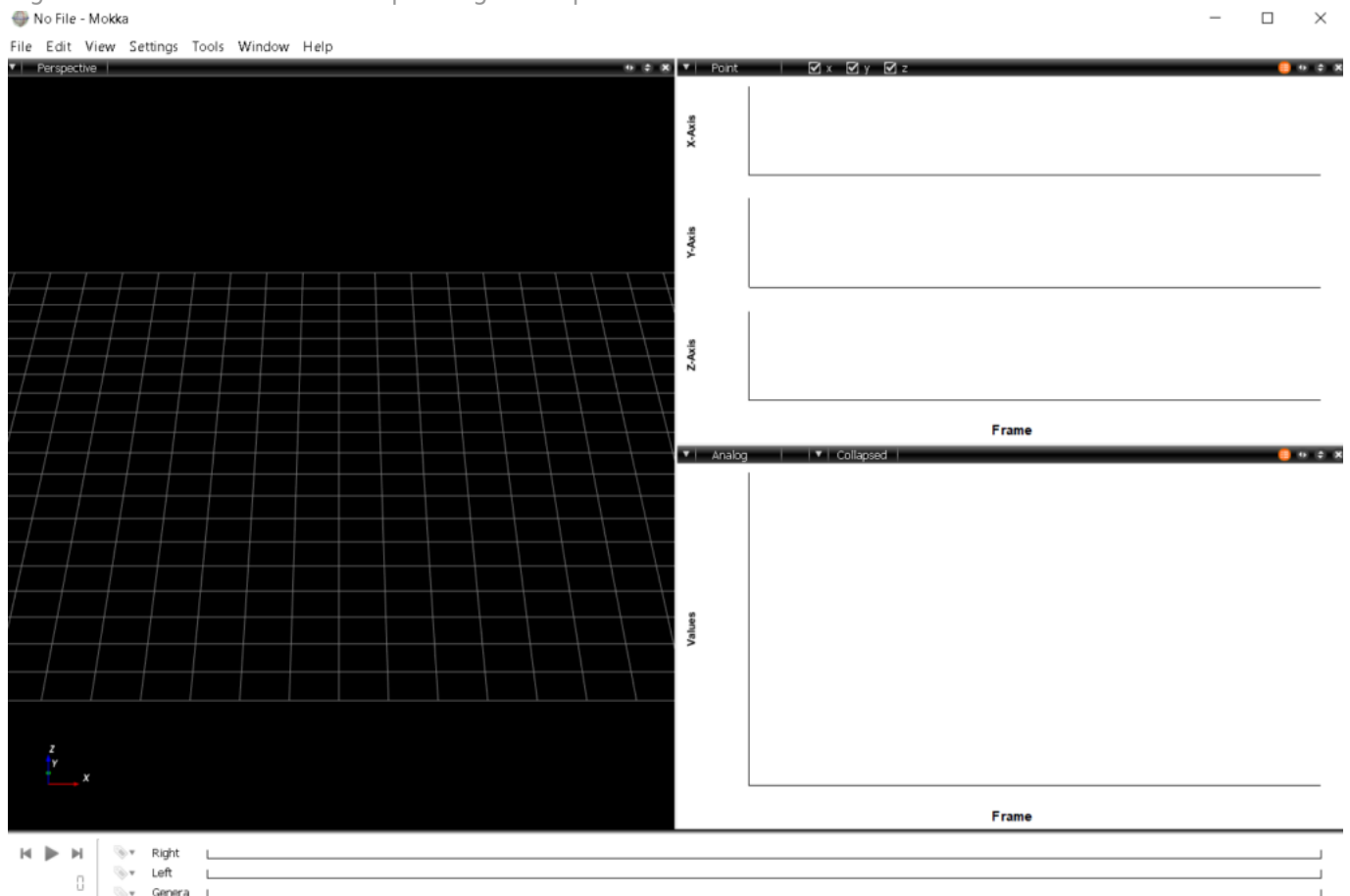


Figure 2: The default Mokka GUI

Um eine C3D-Datei zu laden, klicke auf **File** und wähle **Open**. Dann kannst Du eine Datei auswählen, die Du visualisieren möchtest. Um sie auszuprobieren, kannst Du unsere [Beispieldaten](#) herunterladen.



Bitte lade die Datei *Running\_Example.c3d*. Danach sollte das GUI ähnlich wie in Abbildung 3 aussehen. Innerhalb der GUI kannst Du die erfassten 3-dimensionalen experimentellen Daten erkunden. Jeder graue Punkt repräsentiert einen sphärischen Marker, der am menschlichen Körper angebracht ist. Wenn Du auf einen bestimmten Marker klicken, wird der Name (oft als Marker-Label bezeichnet) im rechten **Listenfeld** (rechte Seite) hervorgehoben.

Mit der **Play-Schaltfläche** in der linken unteren Ecke der GUI kannst Du sehen, wie der Proband läuft. Alternativ kannst Du den Zeitbalken rechts neben der Abspielen-Schaltfläche verwenden, um jeden Frame (Zeitpunkt) Deiner Versuchsdaten zu überprüfen.

Das **Diagrammfenster** in der Mitte der GUI kann weitere Informationen über die einzelnen Komponenten Deiner Daten liefern. Falls das Diagrammfenster nicht angezeigt wird, gehe zu **Fenster ->Layout -> 3D** und **Charts**. Jetzt kannst Du beschriftete Markierungen aus dem Listenfeld in das Diagrammfenster ziehen und ablegen, um seine X-, Y- und Z-Koordinaten über jeden Zeitpunkt zu sehen.

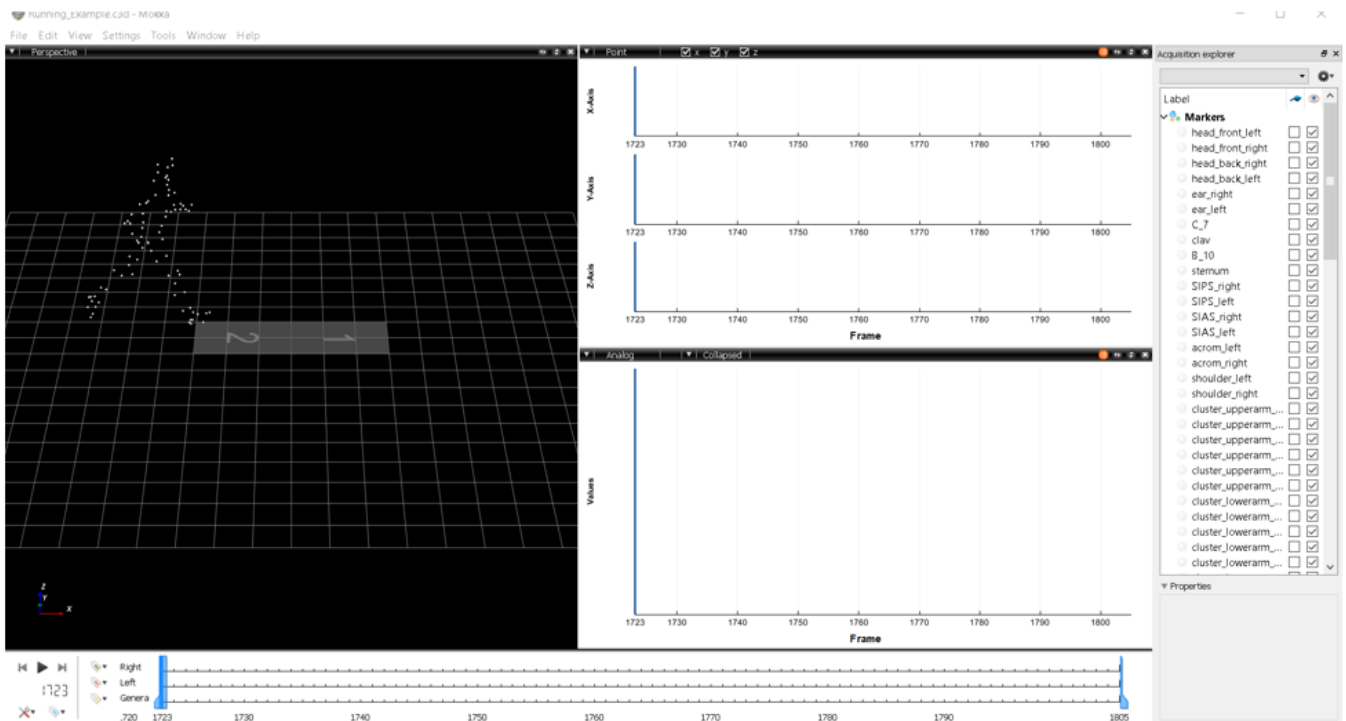


Figure 3: The Mokka GUI after loading *Running\_Example.c3d*



Innerhalb des **Listenfeldes** kannst Du auch nach unten zu den Daten der Kraftplattform scrollen (falls vorhanden). Für das mitgelieferte Beispiel wurde Force Platform #2 verwendet. Du kannst das Feld Kraftplattform #2 erweitern und die Kraftkomponenten (Kräfte und Momente) auf die gleiche Weise wie die Marker-Trajektorien visualisieren, indem Du die Komponente per Drag & Drop in die Diagrammansicht ziehst. Wenn jedoch viele Marker an Ihrem Teilnehmer angebracht sind, kann die visuelle Inspektion Deiner Marker-Trajektorien schnell unübersichtlich werden. Daher kann das Laden eines zu Deinen Daten passenden Modells hilfreich sein.

Für dieses Tutorial haben wir bereits ein Modell für unser Marker-Setup generiert. Um das Modell zu laden, gehe zu **Edit -> Options**. Markiere hier das Kästchen **Use default configuration** und klicke auf **Choose ...** Wähle die von uns bereitgestellte Datei namens *full\_body\_Model.mvc* . Nachdem die Operation abgeschlossen ist, sollte die 3D-Ansicht verschiedene farbige Marker und verbundene Segmente enthalten.

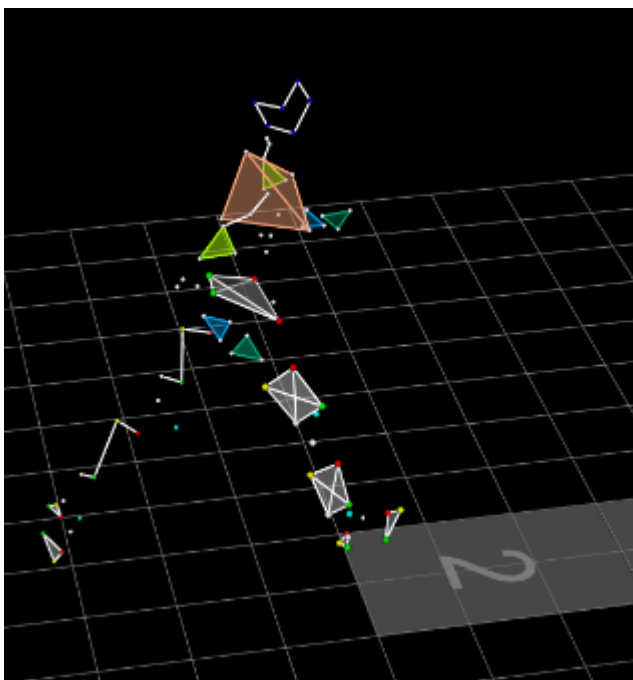


Figure 4: A whole body model adapted to our marker setup

Bitte beachte, dass das Modell an das verwendete Markerset angepasst wurde. Wenn Du Deine eigenen experimentellen Daten mit anderen Markernamen verwendest, musst Du neue Segmente entsprechend Deiner Marker-Label definieren. Neue Segmente können unter **Tools**



-> **Model** -> **New Segment** generiert werden.

Für die weitere Datenverarbeitung ist es manchmal nützlich, Deine C3D-Dateien zu beschneiden. Mokka bietet hierfür eine einfache Möglichkeit. Innerhalb des **Zeitbalkens** kannst Du die Schieberegler am linken und rechten Ende verwenden, um die C3D-Datei zu beschneiden (oder auszuschneiden). Die Rahmen, die aus der C3D-Datei entfernt werden, sind blau markiert. Wenn Du mit der rechten Maustaste irgendwo in den Zeitbalken klickst, kannst Du **Crop Frame of Interest** auswählen. Schließlich musst Du die beschnittene Datei mit **File -> Save As** oder **Save** (um die bestehende Datei zu überschreiben) speichern.

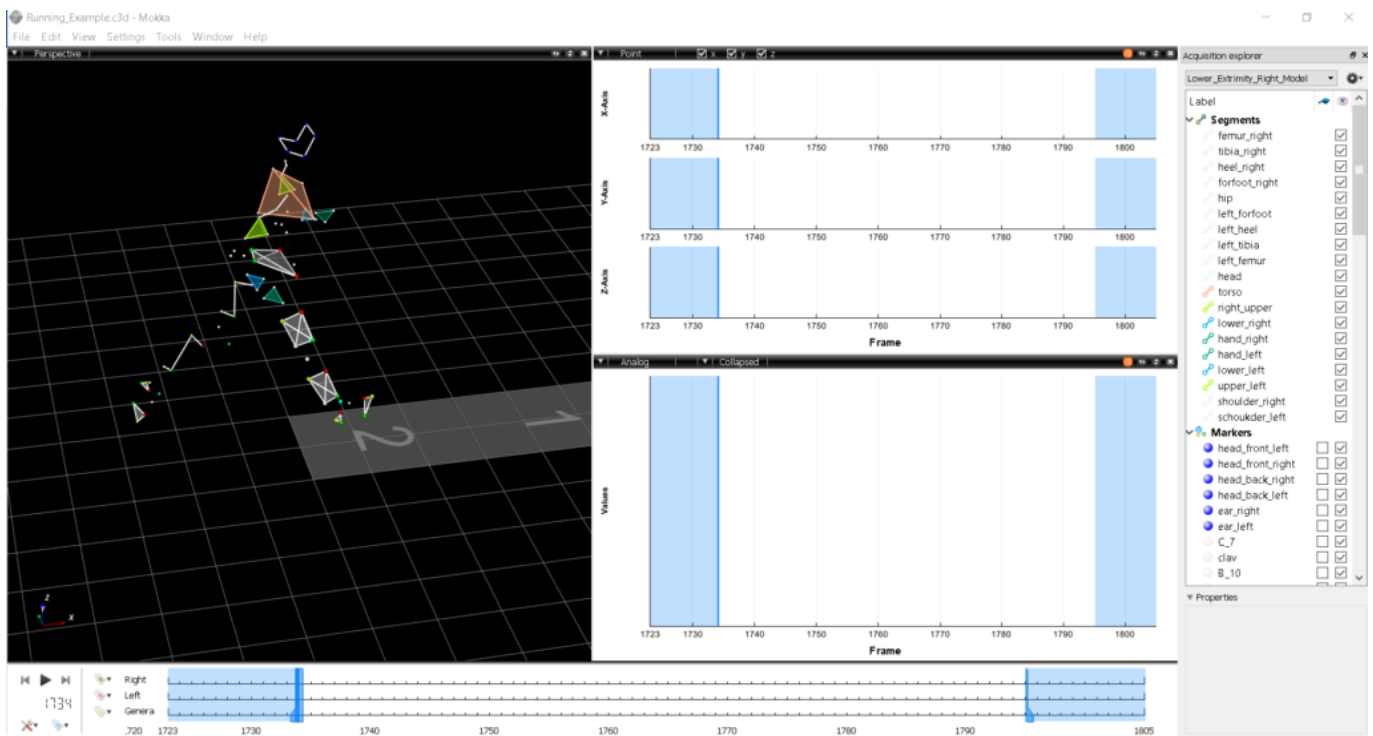


Figure 5: Cropping C3D files

Obwohl Mokka für Visualisierungszwecke nützlich ist, ist es nicht möglich, die Gelenkinematik und -kinetik zu berechnen. Dies wird auch außerordentlich zeitaufwendig, wenn viele experimentelle Daten im Stapelverfahren verarbeitet werden müssen. Im nächsten Schritt möchten wir Dir zeigen, wie Du C3D-Dateien in Matlab einlesen und bearbeiten kannst.



## 2. Laden von C3D Daten mit BTK in Matlab

Um C3D-Dateien in Ihren Matlab-Arbeitsbereich zu laden, musst Du zunächst einige zusätzliche, quelloffene Funktionen herunterladen. Das **Biomechanical Toolkit (BTK)** ist ein häufig verwendetes, plattformübergreifendes Toolkit zum Lesen, Schreiben und Verändern von C3D-Dateien.

Zuerst musst Du das BTK von der Website <https://code.google.com/archive/p/b-tk/downloads> herunterladen. Bitte stelle sicher, dass Du die richtige Version für Dein Betriebssystem herunterlädst. Für uns funktioniert die Version [btk-0.3.0\\_Win7\\_MatlabR2009b\\_64bit.zip](#) am besten. Nach dem Herunterladen des Toolkits musst Du das Archiv mit einem ganz normalen Archivkonverter entpacken.

Nun musst Du Matlab mitteilen, wo sich alle BTK-Funktionen befinden. Öffne Matlab, gehe zu **Home Set Path Add with Subfolders...** und wählen Sie den Ordner aus (in unserem Beispiel *btk-0.3.0\_Win7\_MatlabR2009b\_64bit*, beachte, dass Du den entpackten Datenordner und nicht das komprimierte Zip-Archiv verwendest). Du kannst überprüfen, ob der Pfad korrekt eingestellt ist, wenn Du **v = btkGetVersion** in Dein Matlab-Befehlsfenster eingibst. Wenn Matlab eine Versionsnummer ausgibt (z.B. ,0.3.0'), ist der Pfad korrekt eingestellt.

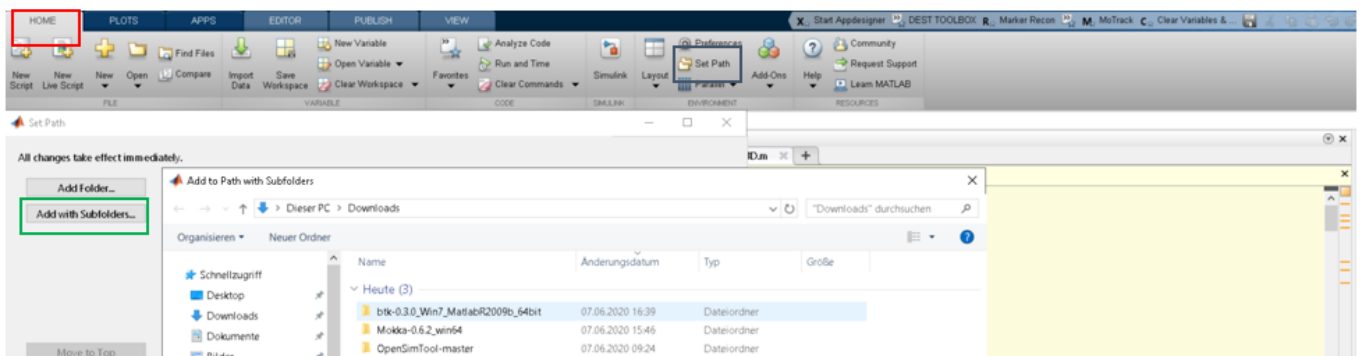


Figure 6: Setting the right folder path in Matlab

Du kannst jetzt C3D-Dateien mit Matlab lesen, manipulieren und schreiben. Die vollständige Liste der BTK-Funktion findest Du auf der folgenden Webseite

<http://biomechanical-toolkit.github.io/docs/Wrapping/Matlab/annotated.html>



In der [Download-Sektion](#) unten findest Du alle Beispiel-C3D-Daten und einen Beispiel-Matlab-Code. Dieser Code zeigt Dir, wie Du virtuelle Marker einlesen und einer C3D-Datei (statischer Trial) hinzufügen kannst. Darüber hinaus zeigt Dir der Code, wie Du die Standzeit auf der Grundlage von Kraftdaten berechnen und Touchdown und Toe-Off-Ereignisse zu einer C3D-Datei hinzufügen (Lauf Trial).

### 3. Downloads

- [Mokka](#)
- [Biomechanical toolkit \(BTK\)](#)
- [Beispiel-C3D-Daten and Matlab-Code](#)