

Projektbericht YouTube Downloader

Einleitung

Im Rahmen des Moduls “Verteilte Systeme” an der DHBW Heilbronn habe ich mit meiner Gruppe eine praxisorientierte Webseite umgesetzt. Unser Ziel war es, einen YouTube-Video-Downloader zu erstellen, welcher mit YouTube-DLP Videos und auch Playlists herunterladen kann. Auf der Webseite sollen dann die zuletzt heruntergeladenen Videos der einzelnen Benutzer angezeigt werden. Dafür wurde auch ein Account-System erstellt, um die einzelnen Videos auch den Nutzern zuordnen zu können. So hatten wir dann die im Kurs vermittelten Inhalte auch praktisch umgesetzt.

Mein Beitrag zu dem Projekt lag in der Überarbeitung des Frontends sowie der Anbindung an das Backend über FastAPI. Die Inhalte der einzelnen Seiten wurden aus einem Projekt von Jan Schneeberg übernommen. Die Struktur der Seite mit Header und Footer sowie der Registrier- und Loginfunktionen basieren auf einem früheren Projekt von mir, das ich an die Inhalte von diesem Projekt angepasst habe. Zudem habe ich auch die FastAPI-Schnittstelle implementiert, welche das Frontend mit der Download-Logik von sowie mit der Datenbank verbindet. Das Projekt wurde ebenfalls von mir per Github-Link hochgeladen.

Im Team hatten wir uns im Backend auf eine Architektur mit FastAPI festgelegt, da diese viele Möglichkeiten bietet aber nicht zu komplex in der Umsetzung ist. Für die Datenbankerstellung haben wir uns entschieden eine MariaDB zu verwenden und diese über SQL-Alchemy zu erstellen, da dies die Möglichkeit bietet die Datenbank sehr einfach zu überarbeiten. Unsere Webseite folgt dem Model-View-Controller-Prinzip, welches wir behandelt haben. Das Frontend stellt die Benutzeroberfläche bereit während das Backend die Videos herunterlädt und die Nutzerdaten verarbeitet.

Im Verlauf dieses Berichts dokumentieren wir, die Gruppe bestehend aus Jan Lau, Jan Schneeberg und Marius Lüdtke, wie das Projekt umgesetzt wurde und welche Designentscheidungen bei der Entwicklung mit eingeflossen sind. Das KI-Blatt im Hauptprojekt findet ebenfalls Anwendung auf den Projektbericht.

Projektbericht

Architektur

Für unser Projekt haben wir eine verteilte Architektur entworfen, die auf einer klaren Trennung von Frontend und Backend basiert. Das Backend bildet eine FastAPI-Anwendung, die auf einer vorhandenen Dokumentation basiert und grundlegend von Marius Lüdtke entsprechend angepasst und erweitert wurde. Über definierte API-Endpunkte werden Anfragen verarbeitet, die es ermöglichen, YouTube-Videos anhand einer URL herunterzuladen. Das Frontend basiert auf einem Projekt von Jan Schneeberg aus dem Modul Webprogrammierung im dritten Semester bei Tessa Steinigke. Es wurde als klassische HTML-Oberfläche

umgesetzt und durch den Einsatz von CSS und JavaScript um ein strukturiertes Layout und interaktive Elemente erweitert. Die Seite nutzt Templates, um Benutzereingaben dynamisch zu erfassen und an das Backend weiterzuleiten. Diese Templates wurden von Marius Lüdtker gezielt um zentrale Funktionen wie Login/Registrierung, den Playlist Downloader sowie zusätzliche Designelemente ergänzt.

Über ein einfaches Formular – wahlweise für den Video-Downloader oder Playlist-Downloader – kann eine YouTube-URL eingetragen werden, die anschließend vom Backend verarbeitet wird. Die Kommunikation zwischen Frontend und Backend erfolgt dabei über verschiedene HTTP-Requests, die jeweils bestimmte Funktionen auslösen. Für das Abrufen von Daten kommt ein GET-Request zum Einsatz. Dieser ermöglicht es dem Frontend, Informationen vom Backend zu beziehen, ohne dabei Daten zu verändern – etwa beim Anzeigen von Benutzerdaten. Wenn Nutzer hingegen aktiv Daten eingeben, beispielsweise bei der Registrierung oder Anmeldung, wird ein POST-Request verwendet. Dabei werden die eingegebenen Informationen an das Backend gesendet, wo sie verarbeitet und – im Erfolgsfall – in der Datenbank gespeichert werden. Das Backend gibt anschließend eine Bestätigung oder eine Fehlermeldung zurück, abhängig davon, ob die Eingabe korrekt und gültig war.

In unserem Projekt lag der Fokus darauf, Benutzerdaten und Metainformationen zu den Downloads strukturiert zu speichern – die Video-Dateien selbst werden bewusst nicht in der Datenbank abgelegt, sondern im lokalen Dateisystem gespeichert. So bleibt die Datenbank schlank, und die Performance wird nicht eingeschränkt. Die Datenhaltung erfolgt über eine relationale MariaDB-Datenbank, die wir über SQLAlchemy angebunden haben. Die Struktur umfasst drei zentrale Tabellen: users, videos und playlists. Darüber hinaus gibt es drei Verknüpfungstabellen für viele-zu-viele-Beziehungen: user_videos, user_playlists und playlist_videos.

In der Tabelle users speichern wir u. a. den Benutzernamen (username), optional den vollständigen Namen (full_name) sowie die gehashte Version des Passworts (hashed_password). Zusätzlich kann ein Nutzer über das Feld disabled deaktiviert werden. Über die zugehörigen Beziehungstabellen sind jedem Nutzer sowohl einzelne Videos als auch ganze Playlists zugeordnet. Die Tabelle videos enthält für jedes Video eine interne ID, die zugehörige YouTube-Video-ID, den Titel, das Format (z. B. MP4 oder MP3) und einen Zeitstempel (created_at). Dies erlaubt uns nicht nur die Zuordnung zu Nutzern und Playlists, sondern auch eine klare Protokollierung, wann ein Video heruntergeladen wurde. Die Tabelle playlists speichert ähnliche Metadaten – etwa den Titel, die Beschreibung sowie die zugehörige YouTube-Playlist-ID. Die Beziehung zwischen Playlists und Videos wird über die Tabelle playlist_videos abgebildet, die zusätzlich auch die Reihenfolge einzelner Videos innerhalb einer Playlist enthält. Das ursprünglich im System vorgesehene Download-Limit pro Nutzer wird über die Verknüpfung von Nutzern und Videos in user_videos verwaltet. Wird dieses Limit überschritten, entfernt das System automatisch die ältesten Einträge – sowohl in der

Datenbank als auch im Dateisystem –, um Platz für neue Downloads zu schaffen.

Die zentralen Technologien, die wir in diesem Projekt verwendet haben, sind:

- FastAPI, das Backend-Framework, mit dem wir schnell eine API entwickelt haben.
- yt-dlp, eine Library, mit der wir YouTube-Videos und -Playlists verarbeiten und herunterladen können.
- SQLAlchemy, das als ORM dient und die Anbindung unserer MariaDB-Datenbank ermöglicht.
- HTML, CSS und JavaScript, um die Weboberfläche zu gestalten und eine benutzerfreundliche Erfahrung zu bieten.
- MariaDB, unser Datenbanksystem zur Speicherung strukturierter Metainformationen über Nutzer, Videos und Playlists.
- Docker, das uns geholfen hat, die Anwendung zu containerisieren und so eine einfachere Bereitstellung und Isolierung zu ermöglichen.

Skizze des verteilten Systems

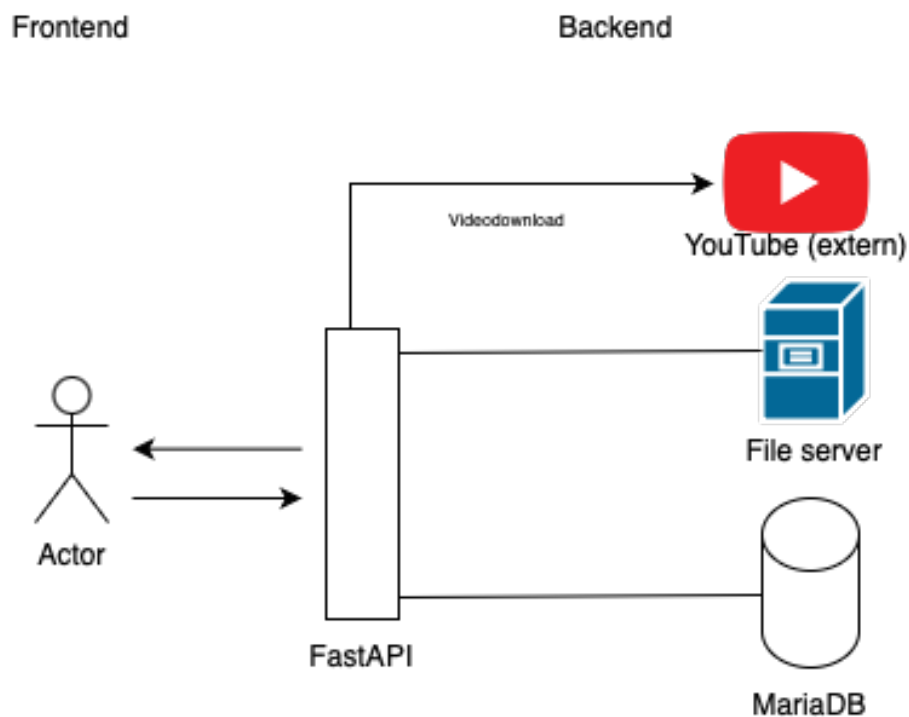


Figure 1: Systemskizze

Unsere Architektur lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- Actor: Der Webbrowser des Nutzers, der HTTP-Requests mit der YouTube-URL an das System sendet.
- Frontend: Ein HTML-Template, das ein einfaches Formular enthält, um die YouTube-URL an das Backend zu übermitteln.
- API Layer: Eine REST-API, die als Schnittstelle zwischen Frontend und Backend fungiert und die Kommunikation ermöglicht.
- Backend: Der FastAPI-Server, der die übermittelte URL verarbeitet, das Video oder die Playlist über yt-dlp herunterlädt und mit FFmpeg konvertiert.
- Speicherung: Die Videos werden im lokalen Dateisystem des Servers abgelegt, während die Benutzer- und Downloadinformationen in einer MariaDB-Datenbank gespeichert werden.
- Externe Quelle: YouTube-Server, von denen die eigentlichen Videodaten abgerufen werden.

Zusammengefasst verbindet unser System also verschiedene interne Komponenten, vom Frontend über die API bis hin zum Backend und der Datenbank, mit der externen Quelle YouTube.

Vorgehensweise

Frontend Zu Beginn haben wir uns intensiv mit der API-Definition auseinandergesetzt. Unser Ziel war es, die Nutzung für die Endanwender so einfach wie möglich zu gestalten, falls das System später produktiv eingesetzt werden sollte. Daher haben wir uns entschieden, ein einfaches und übersichtliches HTML-Frontend zu entwickeln, das die Nutzer intuitiv durch die Anwendung führt. Für den Video- und Playlist-Download haben wir das Frontend bewusst minimalistisch gehalten: Es enthält nur ein Eingabefeld, in dem Nutzer die YouTube-URL eintragen können, und einen Download-Button, der die Aktion auslöst.

Zusätzlich haben wir ein einfaches Login- und Registrierungssystem implementiert, das den Nutzern eine unkomplizierte Anmeldung mit Nickname und Passwort ermöglicht. Die Eingabe von E-Mail-Adresse und vollständigem Namen ist dabei optional gehalten.

Backend Im Backend haben wir die FastAPI-Anwendung modular aufgebaut, um das System übersichtlich und flexibel zu gestalten.

- Routen: Sie übernehmen die Verarbeitung der Nutzeranfragen und leiten diese an die passenden Servicefunktionen weiter.
- Services: Hier steckt die eigentliche Logik: Mit yt-dlp laden wir Videos oder Playlists herunter. Dabei wird automatisch das jeweils beste verfügbare Videoformat ausgewählt.
- Templates: Sie sind verantwortlich für die Darstellung der Eingabefelder und Benachrichtigungen, die den Nutzer über den Fortschritt der Downloads oder auftretende Fehler informieren.

Für die Fehlerbehandlung haben wir HTTP-Statuscodes verwendet, um dem Nutzer im Falle von Problemen, wie etwa einer ungültigen URL, Authentifizierungsfehlern oder Problemen beim Herunterladen, schnell und transparent eine Rückmeldung zu geben. Darüber hinaus haben wir im Backend spezielle Exception-Handler eingebaut, die dazu dienen, Fehler wie das Erreichen von Speichergrenzen oder fehlerhafte API-Aufrufe zu erfassen und entsprechende Fehlermeldungen zurückzugeben.

Ein besonders wichtiges Feature unseres Systems ist die Speicherverwaltung: Für jeden Nutzer haben wir ein Download-Limit definiert. Sobald dieses Limit erreicht ist, sorgt das System automatisch dafür, dass die ältesten Downloads gelöscht werden, um Platz für neue zu schaffen. Das hilft uns, die Ressourcen effizient zu nutzen und die Performance des Systems hoch zu halten.

Abschließend haben wir die Datenbank (MariaDB) mithilfe von Docker containerisiert. Dies ermöglicht uns eine einfache Bereitstellung und Verwaltung der Datenbank, unabhängig von der zugrunde liegenden Infrastruktur. Durch den Einsatz von Docker-Compose konnten wir sicherstellen, dass die Datenbank in einer isolierten Umgebung läuft, was die Verwaltung und Skalierbarkeit der Anwendung wesentlich vereinfacht.

Agiles Arbeiten Ein zentraler Bestandteil unserer Vorgehensweise war das agile Arbeiten im Team. Um den Überblick zu behalten, haben wir das integrierte GitHub Kanban Board genutzt, auf dem alle Aufgaben, Features und Bugs transparent erfasst wurden. Die Aufgaben wurden fair verteilt, wobei wir uns intensiv darüber abgestimmt haben, wer welche Verantwortung übernimmt – basierend auf den individuellen Stärken und Kapazitäten jedes Einzelnen. Besonders hilfreich war dabei unsere gemeinsame Aufwandsschätzung, bei der wir mit einem einfachen Punktesystem (z. B. 2, 5, 7 oder 17 Punkte) den erforderlichen Arbeitsaufwand jeder Aufgabe bewertet haben. Diese Einschätzungen halfen uns, das Projekt regelmäßig zu priorisieren und flexibel auf neue Anforderungen zu reagieren.

Für die Kommunikation nutzten wir Discord, sodass wir auch außerhalb der regulären Treffen schnell und unkompliziert miteinander in Kontakt bleiben konnten – sei es per Chat, Anruf oder Bildschirmfreigabe. Diese Arbeitsweise ermöglichte uns eine strukturierte und zugleich flexible Zusammenarbeit, bei der jede Person ihren Aufgabenbereich eigenverantwortlich bearbeitete und die Ergebnisse anschließend im Team durch gegenseitige Reviews abgesichert wurden. Rückblickend fühlte sich dieses Vorgehen sehr nah an agilem Arbeiten im kleinen Maßstab an und stellte zudem eine spannende Parallele zu meinen Erfahrungen aus der Praxisphase im dualen Studium dar.

Abschließend haben wir großen Wert auf eine klare Trennung der Zuständigkeiten gelegt, sowohl im Code (Trennung von Logik, Datenhaltung und Darstellung) als auch in der Systemarchitektur (Trennung von Frontend, API-Layer, Backend-Services und externen Quellen). Dieses strukturierte Vorgehen entspricht den

Best Practices moderner verteilter Systeme und legt eine solide Basis für zukünftige Erweiterungen oder produktive Einsätze.

Getroffene Entscheidungen, Annahmen und Limitationen

Entscheidungen:

1. Wir haben uns aufgrund der Aktualität und Einfachheit des Frameworks bewusst für FastAPI entschieden, um eine schnelle und asynchrone API zu entwickeln, die sowohl performante als auch skalierbare Lösungen ermöglicht.
2. Für den Download von YouTube-Videos haben wir yt-dlp gewählt, da diese aktiv gepflegte Library eine einfache Handhabung bietet und sehr gut dokumentiert ist.
3. Die Speicherung der Videodateien erfolgt bewusst im lokalen Dateisystem, während wir die Metadaten wie Downloadzeitpunkte und Nutzerinformationen in einer MariaDB-Datenbank ablegen. Diese Trennung sorgt dafür, dass die Datenbank schlank bleibt und die Videos effizient verwaltet werden.
4. Bei der Architektur haben wir uns für eine klare Trennung von Frontend, API-Layer und Backend entschieden. Diese Struktur verbessert nicht nur die Wartbarkeit, sondern ermöglicht auch eine parallele Teamarbeit an den einzelnen Komponenten.
5. Teile vom Projekt wurden mithilfe von Docker containerisiert, um eine konsistente Entwicklungsumgebung zu schaffen.
6. Für die Projektorganisation und Aufgabenverteilung haben wir das GitHub Kanban Board verwendet, um alle Aufgaben transparent zu koordinieren, den Arbeitsaufwand realistisch zu schätzen und flexibel auf Änderungen und neue Anforderungen zu reagieren.
7. Die Entscheidung, das System zunächst nur lokal und nicht öffentlich zugänglich zu machen, wurde bewusst getroffen. Dadurch konnten wir Sicherheitsrisiken, Hosting-Komplexität und rechtliche Fragen (Youtube-Richtlinien) im ersten Schritt vermeiden.
8. Das Download-Limit pro Nutzer wurde so konzipiert, dass das System automatisch alte Dateien löscht, sobald das Limit erreicht ist. Diese Entscheidung sorgt dafür, dass Speicherplatz effizient verwaltet wird, ohne dass der Nutzer manuell eingreifen muss.

Annahmen:

1. Es wird vorausgesetzt, dass die Nutzer (“Actors”) eine stabile Internetverbindung haben, da der Download von externen Servern erfolgt und relativ Speicherintensiv ist.
2. Die heruntergeladenen Dateien verletzen eventuell Urheberrechte. Deshalb gehen wir davon aus, dass die Anwendung ausschließlich zu privaten, nicht-kommerziellen Zwecken genutzt wird und die Nutzer eigenverantwortlich handeln.

3. Es wird davon ausgegangen, dass Nutzer nur gültige YouTube-Links eingeben und dass die Inhalte öffentlich oder zumindest nicht privat gelistet sind. Eine umfassende Überprüfung der YouTube-URL oder des Videostatus (etwa Verfügbarkeit oder Altersfreigabe) erfolgt auf Serverseite nur eingeschränkt. Da yt-dlp Cookies benötigt, um YouTube zu authentifizieren und nicht als Bot erkannt zu werden, sind solche Aspekte wie Altersbeschränkungen oder versteckte Inhalte nur bedingt abgedeckt.
4. Das System wird in einer lokalen, kontrollierten Entwicklungsumgebung ausgeführt, in der alle benötigten Komponenten (Datenbank, Docker, yt-dlp) fehlerfrei installiert und lauffähig sind. Fehler, die aus Umgebungskonflikten oder Betriebssystemunterschieden entstehen, wurden nicht systematisch abgefangen.
5. Es wird vorausgesetzt, dass ausreichend Festplattenspeicher auf dem Server zur Verfügung steht und keine administrativen Einschränkungen beim Datei- oder Netzwerkzugriff bestehen.

Limitationen:

1. Der Dienst unterstützt aktuell nur den Download einzelner Videos oder Playlists, keine Livestreams oder privat gelistete YouTube-Inhalte.
2. Unser System unterstützt ausschließlich den Download einzelner Videos/Playlists. Komplexere Downloadfunktionen sind leider nicht implementiert.
3. Der Betrieb ist aktuell auf lokale Umgebungen ausgelegt. Für einen produktiven Einsatz müsste ein geeignetes Hostingkonzept entwickelt werden.
4. Es fehlt aktuell eine Benutzerverwaltung mit Passwort Reset oder Rollenverteilung (z. B. Admin versus Nutzer).
5. Da Downloads synchron verarbeitet und lokal gespeichert werden, könnte es bei mehreren parallelen Nutzern schnell zu Engpässen oder Speicherproblemen kommen.
6. Fehlerbehandlungen werden hauptsächlich über allgemeine HTTP-Statuscodes abgewickelt. Detaillierte Rückmeldungen für Nutzer oder automatisierte Monitoring-Mechanismen wurden in diesem Projekt jedoch noch nicht integriert.

Ausblick über notwendige zukünftige Arbeiten Langfristig wäre eine Erweiterung unseres Systems sinnvoll:

- Unterstützung weiterer Plattformen neben YouTube, z. B. Spotify, SoundCloud oder Apple Music.
- Funktionen wie Passwortzurücksetzung und differenzierte Nutzerrollen (Admin vs. Standardnutzer).
- Auslagerung des Speichers in skalierbare Cloud-Lösungen wie AWS S3 oder Azure Blob Storage.
- Erweiterung um Continuous-Integration-Pipelines (z. B. GitHub Actions) zur Automatisierung des Deployments.

- Betrieb auf Cloud-Plattformen wie Railway oder Fly.io zur vereinfachten Bereitstellung.
- Deployment des gesamten Systems in Containern (Docker) zur besseren Skalierbarkeit und Wartung.
- Erweiterung durch die Möglichkeit, das Format der heruntergeladenen Videos flexibel über FFmpeg auszuwählen.
- Verbesserte Benutzeroberfläche mit Ladebalken, Status- und Fortschrittsanzeigen.
- Suchfunktion und eine erweiterte Download-Historie für Nutzer.
- Benachrichtigungsfunktionen per E-Mail oder Push-Nachrichten.
- Integration von Analytics-Diensten zur Nutzungsauswertung und Optimierung.

Schluss

Durch die Arbeit an dem Projekt habe ich wertvolle praktische Erfahrungen sammeln können und mein Verständnis für die Entwicklung verteilter Systeme erweitern. Insbesondere im Backend bei der Entwicklung der FastAPI-Schnittstelle und im Frontend bei der Anbindung dieser FastAPI-Schnittstelle. Herausfordernd war der Umgang mit den Passwörtern bei der Registrierung oder beim Anmelden und wie man dann auch speichert, dass der Benutzer angemeldet ist. Diese Herausforderung haben wir mit JWT-Tokens gelöst.

Die Zusammenarbeit im Team war sehr bereichernd. Durch den regelmäßigen Austausch über Discord, die strukturierte Aufgabenverteilung über das GitHub Kanban Board und die gemeinsame Fehleranalyse im Code konnten wir effizient und zielgerichtet vorgehen. Das Projekt hat mir gezeigt, wie wichtig eine klare Trennung von Verantwortlichkeiten und eine durchdachte Systemarchitektur für den Erfolg eines Projekts ist.

Für künftige Projekte nehme ich vor allem mit, wie wertvoll es ist, von Beginn an klare Anforderungen festzulegen und sich frühzeitig für geeignete Tools zu entscheiden. Es hat sich auch gezeigt, wie wichtig eine modulare und wartbare Struktur im Code ist, gerade auch um die Webseite später deutlich einfacher um die bereits oben erwähnten Funktionalitäten zu erweitern.

Aufgabenverteilung

Die Umsetzung des Projekts erfolgte mit folgender Aufgabenverteilung:

Jan Lau war verantwortlich für die Ausarbeitung des Projektberichts sowie die Einrichtung und Strukturierung der ursprünglichen MariaDB-Datenbank. Im weiteren Verlauf des Projekts wurde die Datenbankanbindung auf SQLAlchemy umgestellt.

Marius Lüdtke ergänzte die bestehende Website um die Funktionen zum Einloggen und Registrieren von Nutzern und gestaltete das Frontend neu. Zudem passte Marius Lüdtke das Backend entsprechend an, um die neuen Features in die bestehende Struktur zu integrieren.

Jan Schneeberg entwickelte eine eigenständige Bibliothek zur Verarbeitung von YouTube-Links, inklusive der Download-Logik mit YT-DLP für Einzelvideos und Playlists sowie der anschließenden Dateikonvertierung mit FFmpeg. Diese wurde später durch die Python-YouTube-DLP-Library ersetzt, wodurch die Dateikonvertierung mittlerweile automatisch erfolgt. Zudem übernahm Jan Schneeberg Projektmanagement-Aufgaben und koordinierte den Ablauf.

Jedes Teammitglied verfasste zusätzlich den eigenen Einleitungstext sowie den individuellen Schlussteil, wie in der Prüfungsleistung vorgesehen.