Vergleich der Extension-APIs in Visual Studio Code und IntelliJ IDEA

Philipp Seiringer

BACHELORARBEIT

eingereicht am

Fachhochschul-Bachelorstudiengang

Software Engineering

in Hagenberg

im Februar 2024

Betreuung:

Dr. Josef Pichler

Erklärung

Ich erkläre eidesstattlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen entnommenen Stellen als solche gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt. Die vorliegende, gedruckte Arbeit ist mit dem elektronisch übermittelten Textdokument identisch.

Hagenberg, am 1. Februar 2024

Philipp Seiringer

Inhaltsverzeichnis

Erklärung **iv**

Kurzfassung **viii**

Abstract **ix**

1 Einleitung **1**
1.1 Motivation . . . 1
1.2 Ziel . . . 1
1.3 Aufbau . . . 1

2 Grundlagen der Plugin-Entwicklung **2**
2.1 Entwicklungsumgebungen . . . 2
2.1.1 Visual Studio Code . . . 2
2.1.2 IntelliJ IDEA . . . 2
2.2 Programmiersprachen . . . 3
2.2.1 TypeScript . . . 3
2.2.2 Java . . . 4
2.3 Aufbau der Plugin API . . . 5
2.3.1 Visual Studio Code . . . 5
2.3.2 IntelliJ IDEA . . . 6
2.4 Funktionalität der Plugin API . . . 8
2.4.1 Visual Studio Code . . . 8
2.4.2 IntelliJ IDEA . . . 11
2.4.3 IntelliJ Flora Plugins . . . 14

3 Anforderungen an den Prototyp **17**
3.1 Aufbau . . . 17

4 Entwicklung des Prototpys für Visual Studio Code **18**
4.1 Design . . . 18
4.2 Implementierung . . . 18
4.2.1 Aufsetzen des Projektes . . . 18
4.2.2 Entwicklung . . . 18
4.3 Tests . . . 18
4.4 Publishing . . . 18

4.5 CI/CD 18

5 Entwicklung des Prototpys für IntelliJ **19**
5.1 Design 19
5.2 Implementierung 19
5.2.1 Aufsetzen des Projektes 19
5.2.2 Entwicklung 19
5.3 Tests 19
5.4 Publishing 19
5.5 CI/CD 19

6 Bewertungskriterien **20**
6.1 Popularität der Entwicklungsumgebung 21
6.1.1 Visual Studio Code 21
6.1.2 IntelliJ IDEA 21
6.2 Performance 21
6.2.1 Visual Studio Code 21
6.2.2 IntelliJ IDEA 21
6.3 Feature Umfang 21
6.3.1 Visual Studio Code 21
6.3.2 IntelliJ IDEA 21
6.4 Intuitivität der API 21
6.4.1 Visual Studio Code 21
6.4.2 IntelliJ IDEA 21
6.5 Dokumentation der API 21
6.5.1 Visual Studio Code 21
6.5.2 IntelliJ IDEA 21
6.6 Testbarkeit des Plugins 21
6.6.1 Visual Studio Code 21
6.6.2 IntelliJ IDEA 21
6.7 Möglichkeiten des Publishings 21
6.7.1 Visual Studio Code 21
6.7.2 IntelliJ IDEA 21
6.8 Installationsprozess des Plugins 21
6.8.1 Visual Studio Code 21
6.8.2 IntelliJ IDEA 21

7 Vergleich der Kriterien **22**
7.1 Popularität der Entwicklungsumgebung 23
7.1.1 Visual Studio Code 23
7.1.2 IntelliJ IDEA 23
7.1.3 Vergleich 23
7.2 Performance 23
7.2.1 Visual Studio Code 23
7.2.2 IntelliJ IDEA 23
7.2.3 Vergleich 23
7.3 Feature Umfang 23

7.3.1 Visual Studio Code . . . 23
7.3.2 IntelliJ IDEA . . . 23
7.3.3 Vergleich . . . 23
7.4 Intuitivität der API . . . 23
7.4.1 Visual Studio Code . . . 23
7.4.2 IntelliJ IDEA . . . 23
7.4.3 Vergleich . . . 23
7.5 Dokumentation der API . . . 23
7.5.1 Visual Studio Code . . . 23
7.5.2 IntelliJ IDEA . . . 23
7.5.3 Vergleich . . . 23
7.6 Testbarkeit des Plugins . . . 23
7.6.1 Visual Studio Code . . . 23
7.6.2 IntelliJ IDEA . . . 23
7.6.3 Vergleich . . . 23
7.7 Möglichkeiten des Publishings . . . 23
7.7.1 Visual Studio Code . . . 23
7.7.2 IntelliJ IDEA . . . 23
7.7.3 Vergleich . . . 23
7.8 Installationsprozess des Plugins . . . 23
7.8.1 Visual Studio Code . . . 23
7.8.2 IntelliJ IDEA . . . 23
7.8.3 Vergleich . . . 23

8 Conclusion **24**

A Technische Informationen **25**

Quellenverzeichnis **26**
Literatur . . . 26
Online-Quellen . . . 26

Kurzfassung

Abstract

This should be a 1-page (maximum) summary of your work in English.

Kapitel 1

Einleitung

1.1 Motivation

SoftwareentwicklerInnen arbeiten täglich mit verschiedensten Werkzeugen und Entwicklungsumgebungen, sogenannten IDEs (=Integrated Development Environment). Diese Plattformen bieten teils sehr unterschiedliche Funktionalitäten, die die Softwareentwicklung erleichtern sollen. Dabei bieten sie Unterstützung für verschiedenste Programmiersprachen und Technologien und binden zahlreiche Werkzeuge für spezifische Anwendungsfälle ein. Aufgrund des immer rascher werdenden Entstehens von neuen Technologien bieten mehr und mehr IDEs Möglichkeiten zur Entwicklung von eigenen Plugins, welche dann auch an andere EntwicklerInnen bereitgestellt werden können. So können in kürzester Zeit neue Technologien unterstützt werden und EntwicklerInnen haben selbst die Macht darüber zu entscheiden welche Plugins sie nutzen möchten und welche nicht.

Vor der Entwicklung solcher Plugins ist es wichtig zu entscheiden für welche IDE das Plugin erstellt werden soll. Dabei spielen Aspekte wie zum Beispiel die Einfachheit und Flexibilität in der Entwicklung, der Umfang an angebotener Funktionalität, die Möglichkeit die Nutzerinteraktion und somit die User Experience zu steuern und viele weitere eine Rolle. Diese Bachelorarbeit versucht in diesen Bereichen einen Überblick zu schaffen und vergleicht hierfür die Plugin Entwicklung in zwei der momentan beliebtesten IDEs, Visual Studio Code und IntelliJ IDEA. Durch den Vergleich der beiden Produkte und dem Herausarbeiten und Aufbereiten der Unterschiede wird es anderen EntwicklerInnen erleichtert diese Entscheidung zu treffen.

1.2 Ziel

1.3 Aufbau

Kapitel 2

Grundlagen der Plugin-Entwicklung

2.1 Entwicklungsumgebungen

2.1.1 Visual Studio Code

Die erste offizielle Version von Visual Studio Code, häufig abgekürzt auch als VS Code, wurde im April 2016 [26] von Microsoft veröffentlicht. Die Idee hinter VS Code war, einen möglichst einfachen Code Editor anzubieten, welcher nur die wichtigsten und besten Funktionen für EntwicklerInnen beinhaltet. Es hob sich somit von anderen Entwicklungsumgebungen (engl. IDEs) wie der Visual-Studio-Reihe von Microsoft ab, da es ein sehr leichtgewichtiger Editor war, welcher trotzdem mit einer großen Menge an Programmiersprachen arbeiten konnte und für diese auch Microsofts automatische Codevervollständigung namens „IntelliSense“ unterstützte. Weiters war Visual Studio Code das erste Produkt der Visual Studio Familie, welches plattformübergreifen für Windows, Linux und macOS angeboten wurde [28].

Aus den Stack Overflow Developer Surveys[22, 23] der vergangenen Jahre kann der rasche Aufstieg von VS Code beobachtet werden. Während es im Jahr der Veröffentlichung nur von etwa 7,2 Prozent der EntwicklerInnen genutzt wurde, war es zwei Jahre später bereits (wenn auch knapp) die meistgenutzte IDE mit 34,9 %. In der aktuellsten Umfrage von 2023 war es der klare Sieger und wurde vom 73,71% der Abstimmenden aktiv genutzt[22, 23].

Ein Grund für diesen Erfolg mag vermutlich die Möglichkeit zur Entwicklung und zum Anbieten von Extensions sein. Durch die direkte Einbindung des Visual Studio Marketplace in VS Code bildete sich über die Jahre eine große Community, die eine enorme Anzahl von Extensions entwickelt, verbessert und betreut. Durch solche, oft von der Community erstellte, Extensions kann VS Code auch eine enorme Anzahl von Programmiersprachen unterstützen.

2.1.2 IntelliJ IDEA

IntelliJ IDEA wurde erstmals im Januar 2001 [13, 14] von dem Unternehmen JetBrains veröffentlicht. Im Gegensatz zu VS Code handelt es sich bei IntelliJ um eine vollausgetattetes Integrate Development Environment (IDE), welche speziell auf die Entwicklung von Programmen in den Programmiersprachen Java, Kotlin und Groovy ausgelegt ist.

IntelliJ IDEA wird in einer freien, Open Source „Community Edition“ sowie in einer kommerziellen Form „IntelliJ IDEA Ultimate“ angeboten [3].

Aufgrund der Spezialisierung auf JVM-kompatible Sprachen unterstützt die IntelliJ Community Edition nur eine relativ kleine Auswahl an Sprachen, Frameworks und Build Tools. Während IntelliJ IDEA Ultimate den Umfang an Features schon deutlich erweitert, bietet JetBrains auch noch weitere kommerzielle IDEs an. Diese sind alle für unterschiedliche Programmiersprachen oder Sprachfamilien ausgelegt. Einige der bekanntesten sind dabei CLion für die Sprachen C und C++, Rider für die .NET Sprachen, PhpStorm für PHP und WebStorm für JavaScript. Zum aktuellen Zeitpunkt sind es insgesamt elf verschiedene IDEs, die von JetBrains angeboten werden und die alle auf der IntelliJ Platform basieren. Das bedeutet nicht nur, dass sich all diese IDEs in der Verwendung und im Aussehen sehr ähnlich sind, sondern auch, dass ein Plugin, welches für die allgemeine IntelliJ Platform entworfen wurde, auch für mehrere IDEs dieser Plattform veröffentlicht werden kann [16].

Im Gegensatz zu Visual Studio Code ist IntelliJ ein schwergewichtiger Editor, der sehr viel Funktionalität schon von Grund auf eingebaut hat. Die EntwicklerInnen sind hier nicht so stark auf Plugins angewiesen. Dies lässt sich auch durch die Anzahl von Plugins erkennen, die auf dem JetBrains Marketplace angeboten werden. Für die IntelliJ Platform gibt es aktuell etwas über 7.500 Plugins, die in die IDE integriert werden können [15]. Für Visual Studio Code sind es hingegen inzwischen über 51.000 Extensions [27].

2.2 Programmiersprachen

2.2.1 TypeScript

Die Programmiersprache TypeScript wurde erstmalig am 1. Oktober 2012 [10] von Microsoft in Form eines Open-Source-Projekts veröffentlicht. Entworfen wurde sie von Anders Hejlsberg, der zuvor auch die Programmiersprache C# entworfen hatte.

Die grundsätzliche Idee der Sprache ist, eine typsichere, kompilierte, und somit bessere Version von JavaScript zu sein. JavaScript ist aufgrund des Erfolgszugs des World Wide Web zu einer sehr wichtigen Sprache geworden und war auch schon 2012 aus den TOP-Listen für Programmiersprachen nicht mehr wegzudenken [20, 23, 25]. Webseiten setzen heute sehr stark auf JavaScript, um durch interaktive Elemente die User Experience zu verbessern oder um neue Funktionalität anbieten zu können. Durch Node.js kann JavaScript nicht nur im Browser verwendet werden, sondern es können auch Desktop-, Server- oder mobile-Anwendungen in JavaScript entwickelt werden [7]. Durch diesen großen Umfang an Möglichkeiten, die JavaScript dadurch bietet, werden auch immer größere Projekte damit entwickelt. Und hier kommen die großen Schwächen von JavaScript zu tragen. Je größer die Projekte werden und je mehr EntwicklerInnen an einem Projekt mitarbeiten, desto mehr Fehler entstehen aufgrund der fehlenden Typsicherheit und der fehlenden statischen Überprüfungen (wie zum Beispiel bei einem Compiler). Beide Schwachstellen versucht TypeScript auszubessern.

TypeScript Quellcode wird mithilfe des TypeScript Compilers *tsc* in JavaScript Dateien transpiliert. Dadurch kann auf die Popularität und Verbreitung von JavaScript aufgebaut werden. TypeScript ist überall dort verwendbar, wo JavaScript ausführbar

ist. Weiters ist TypeScript eine echte Übermenge von JavaScript. Es gilt also: „Any valid .js file can be renamed .ts and be compiled with other TypeScript file." [5].

Jedoch bietet TypeScript eine Menge von Vorteilen gegenüber Javascript.

- Durch den Kompilierschritt mit dem tsc Compiler wird der Code vor der Ausführung automatisch auf Validität geprüft. Es entfällt also die Notwendigkeit für einen zusätzliches Werkzeug zur statischen Programmanalyse, wie JSLint. Dieser Kompilierschritt kann natürlich auch in eine CI/CD Pipeline eingebunden werden, um auch bei Änderungen in einem Repository Informationen über die Gültigkeit des Quellcodes zu erhalten.
- Durch die statische Typisierung können Programmierfehler bezüglich der Verwendung von Variablen vermieden werden. Auch die Unterstützung durch verschiedene IDEs, zum Beispiel mittels IntelliSense kann durch Typen verbessert werden. Dies ist nicht nur bei der Zusammenarbeit hilfreich, sondern kann auch die Arbeit jeder einzelnen EntwicklerIn beschleunigen.
- In TypeScript können Klassen erstellt werden, deren Eigenschaften mit Zugriffsmodifikatoren (*private*/*public*) versehen sind.
- TypeScript unterstützt Vererbung, Schnittstellen und generische Programmierung.
- In TypeScript können bereits bestehende JavaScript-Bibliotheken verwendet werden. Weiters ist es möglich, durch zusätzliche Dateien Typinformationen zu JavaScript-Bibliotheken zu liefern.

2.2.2 Java

Die Entwicklung der Programmiersprache Java begann im Jahr 1991. Java wurde von James Gosling, Mike Sheridan und Patrick Naughton entworfen [9]. Java wurde erstmals im Jahr 1995 von Sun Microsystems veröffentlicht. Im Januar 2010 wurde Sun Microsystems von der Oracle Corporation übernommen, welche seitdem auch Java weiterentwickelt.

Das Design und vor allem die Syntax der Sprache war stark von C und C++ inspiriert [1], um EntwicklerInnen einen leichten Umstieg auf die neue Sprache Java zu ermöglichen. Allerdings versuchte Java die teils sehr komplexen (wenn auch effektiven) Sprachfeatures von C++ etwas zu vereinfachen. Java sollte eine einfach, objektorientierte und robuste Sprache werden. Die Funktionalität die Java zu dem großen Erfolg verhalf, den sie später hatte, war das Prinzip

> "write once, run anywhere"

(WORA) [8].

Im Gegensatz zu den zuvor gängigen Programmiersprachen muss Java nämlich nicht für bestimmte Hardwarearchitekturen kompiliert werden. Java-Programme werden in eine Zwischensprache, den sogenannten Java Bytecode, kompiliert. Dieser Bytecode kann dann von einer Java Virtual Machine (JVM) ausgeführt werden. Diese JVM ist im Grunde ein eigenständiges Programm, welches mit der Java Runtime Environment (JRE) mitgeliefert wird. Ein kompiliertes Java-Programm kann also auf allen Geräten ausgeführt werden, auf denen eine passende JRE installiert ist. So ist es zum Beispiel

auch möglich, Java für die Entwicklung von Android nativen Apps auf Mobilgeräten zu benutzen.

Ein weiterer Vorteil gegenüber älteren Sprachen wie C++ ist die automatisierte Speicherverwaltung. Diese funktioniert mithilfe eines sogenannten „Garbage Collectors“ welcher nicht mehr benötigten Speicher am Heap bereinigt und freigibt. Man kann also beliebig neue Objekte im Speicher allokieren und muss sich nicht um die Deallokierung der zuvor erstellten Objekte kümmern. Auf diese Weise können häufige Programmierfehler wie Memory Leaks unterbunden werden.

Java unterstützt sowohl das objektorientierte, das prozedurale als auch das funktionale Programmierparadigma. Der Fokus liegt allerdings stark auf der Objektorientierung. Dazu bietet Java Möglichkeiten zur Abstraktion durch Verwendung von Klassen, Information Hiding mithilfe von Zugriffsmodifikatoren (*public*/*private*/*protected*/*package*), Vererbung, Schnittstellen, Polymorphismus, Überladen von Methoden, generischer Programmierung, Ausnahmebehandlung und vieles mehr.

2.3 Aufbau der Plugin API

Um die Bezeichnungen für IntelliJ Plugins und VS Code Extensions zu vereinheitlichen, wird in den folgenden Abschnitten und Kapiteln *Plugin* als Überbegriff verwendet, der auch VS Code Extensions einschließt.

2.3.1 Visual Studio Code

Visual Studio Code bietet für Plugins zwei Arten der Interaktion, welche zusammenspielen, um Plugins zu ermöglichen. Das Extension Manifest und die eigentliche API.

Extension Manifest

Das Extension Manifest befindet sich in der Datei *package.json*. In dieser werden statische Einstellungen vorgenommen und Metainformationen über das Plugin bekannt gegeben. So kann hier unter anderem Name, Beschreibung, Herausgeber und Lizenzvereinbarungen eingestellt werden. Weiters definiert das Manifest eine sogenannte JavaScript- oder TypeScript-Datei *main* und dazu passende *Activation Events* und *Contribution Points*.

Activation Events bestimmen den Zeitpunkt, an dem das Plugin zum ersten Mal aktiviert wird. Dabei wird die *activate* Funktion der zuvor definierten *main*-Datei ausgeführt. Der Aktivierungszeitpunkt sollte immer so spät wie möglich gewählt werden, um VS Code möglichst wenig zu verlangsamen und das Plugin erst bei Bedarf (on demand) zu Laden. Allerdings muss die Aktivierung erfolgen bevor die erste Funktionalität des Plugins erwartet wird. Typische Aktivierungsereignisse sind *onCommand* , *onDebug*, *onView* oder *onStartupFinished*. Wurde das Plugin einmal aktiv, bleibt es auch aktiv bis VS Code wieder geschlossen wird oder das Plugin entfernt oder deaktiviert wird. Hierfür gibt es optional noch eine *deactivate*-Funktion in der *main*-Datei, welche für etwaige Aufräumarbeiten genutzt werden kann.

Contribution Points legen fest, welche Funktionalität das Plugin anbietet und somit auch, welche zusätzlichen UI-Elemente dem Nutzer in VS Code angezeigt werden sollen. Hier ist es beispielsweise möglich, Visual Studio Code mit neuen Befehlen („Commands“), Menüs und Submenüs, Views für das Anzeigen von Plugin-definiertem Content, Keyboard Shortcuts, Unterstützung für neue Sprache und vieles mehr auszustatten.

Visual Studio Code API

Die eigentliche VS Code API kann in jeder TypeScript-Datei (zum Beispiel auch in der Datei *main*) genutzt werden. Hierfür wird das Modul *vscode* importiert. Dieses beinhaltet eine vollständige Definition der angebotenen Schnittstelle, auf welche zugegriffen werden kann.

```
1  import * as vscode from 'vscode';
2
3  export function activate(context: vscode.ExtensionContext) {
4    vscode.window.showInformationMessage('Hello World!');
5  }
```

Über diese API kann zum Beispiel festgelegt werden, durch welchen Code die zuvor definierten Contribution Points implementiert werden sollen. Der Plugin Code wird in VS Code nicht im selben Prozess wie das Hauptprogramm ausgeführt, sondern abgekapselt in einem seperaten „extension host process“. Dadurch kann verhindert werden, dass Plugins die Performance und die Interaktivität von VS Code negativ beinflussen [12, 19].

Ablauf

Wie in Abbildung 2.1 zu sehen ist, analysiert VS Code zuerst das Extension Manifest des Plugins. Je nachdem welche Activation Points definiert sind, wird zu einem bestimmten Zeipunkt die *activate*-Funktion aufgerufen. In dieser können dann mithilfe der API Event Handler registriert werden. Die registrierten Handler werden dann während der Ausführung und Verwendung von VS Code aufgerufen und können so beliebigen Code ausführen.

2.3.2 IntelliJ IDEA

Der Aufbau der Plugin-Architektur wirkt bei IntelliJ im ersten Moment gleich wie bei VS Code. Es gibt auch hier ein *Plugin Configuration File*, sowie ein Modul mit API Schnittstellen. Der große Unterschied liegt allerdings in der Funktionsweise und der Interaktion mit den Plugins sowie der Art, wie der auszuführende Code angegeben wird.

Plugin Configuration File

Die Konfiguration eines Plugins liegt in der Datei *plugin.xml* und beinhaltet, äquivalent zum Extension Manifest in VS Code, alle für das Plugin notwendigen Meta-Informationen. So können auch hier Werte wie der Name, eine Beschreibung und die

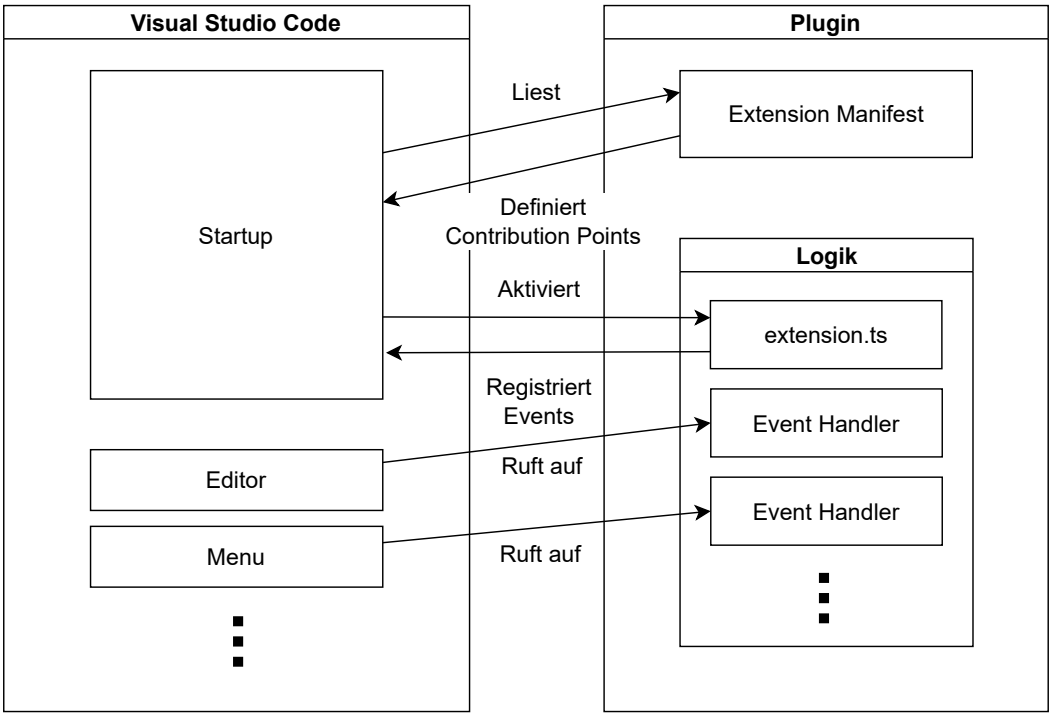


Abbildung 2.1: Übersicht über den Ablauf eines VS Code Plugins.

aktuelle Versionsnummer angegeben werden. Für die Funktionen, die das Plugin mitbringt, gibt es Actions, Extension Points und Listener. Hier ist anzumerken, dass es sich sowohl bei den Extension Points als auch den Listenern immer um eine Zuordnung eines Interfaces (meist definiert von IntelliJ) zu einer Implementierung (definiert durch das Plugin) handelt. Weiters ist es nicht nötig einen speziellen Aktivierungszeitpunkt festzulegen, da die Zuordnung der auszuführenden Klassen sowieso durch die Konfigurationsdatei festgelegt wird. Eine Besonderheit an IntelliJ ist, dass Plugins auch eigene Extension Points definieren können, um weiteren Plugins das Erweitern des ursprünglichen Plugins zu ermöglichen.

IntelliJ Platform SDK

Die API für IntelliJ Plugins ist in mehreren Paketen des IntelliJ Platform SDK enthalten. Diese API enthält auch die unterschiedlichen Interfaces, welche dann in Form von Extension Points oder Listenern implementiert werden können. Die Implementierung eines Plugins kann in den Sprachen Java und Kotlin erledigt werden. Da die Plugin API allerdings auf Java basiert, können nicht alle Sprachfeatures von Kotlin problemlos genutzt werden.

Ablauf

Wie in Abbildung 2.2 zu sehen ist, analysiert IntelliJ zuerst das Plugin Configuration File. Je nachdem, welche Funktionalität vom Plugin angeboten wird, werden von Intel-

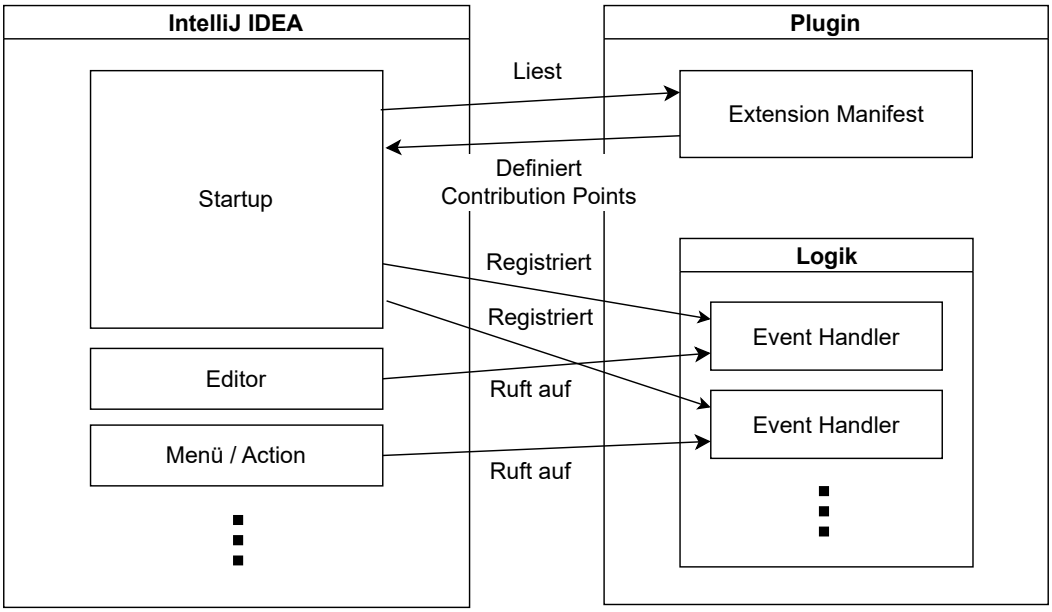


Abbildung 2.2: Übersicht über den Ablauf eines IntelliJ Plugins.

liJ automatisch die entsprechenden Event Handler auf die unterschiedlichen Extension Points registriert. Die registrierten Handler werden dann während der Ausführung und Verwendung von IntelliJ aufgerufen und können so beliebigen Code ausführen.

2.4 Funktionalität der Plugin API

2.4.1 Visual Studio Code

Die VS Code API erlaubt es, VS Code durch Commands, Code Completion und Spracherweiterung, Themes, Custom Editor, Notebooks, Views, Source Control, Debugger, Tests und vielem mehr zu erweitern. Um dies zu ermöglichen, werden unter anderem auch Einstellungen, Datenspeicherung und verschiedene Arten der Ein- und Ausgabe von Daten bereitgestellt. In den folgenden Abschnitten werden die wichtigsten Elemente genauer vorgestellt.

Commands und Menüs

Commands ermöglichen es dem Plugin, bestimmten Code sozusagen „auf Befehl“ auszuführen. So können häufig wiederkehrende Aufgaben der BenutzerInnen ganz einfach automatisiert werden. Um einen Command anzulegen, muss dieser im Extension Manifest definiert werden. Dabei muss das Plugin mindestens eine eindeutige Bezeichnung und zur Darstellung verwendeten Titel angeben. Optional können auch eine Kategorie, ein Icon und eine Kurzbezeichnung bestimmt werden. Weiters ist es möglich eine Bedingung festzulegen, die beeinflusst, wann der Command verwendbar ist und wann nicht.

```
1     "commands": [
```

```
2       {
3         "command": "vscodeplugindemo.helloWorld",
4         "title": "Hello World",
5       }
6     ]
```

Welcher Code dann ausgeführt wird, muss über die API festgelegt werden. So wird meist in der *activate*-Funktion mithilfe von *registerCommand* oder *registerTextEditorCommand* ein Callback festgelegt, welches aufgerufen werden soll. Wichtig ist hier, dass die register-Funktionen ein Objekt retournieren, welches *Disposable* implementiert. Dieses muss der API bekannt gegeben werden. Die API kümmert sich dann auch um das Deaktivieren des Commands, falls zum Beispiel die Erweiterung deaktiviert werden sollte.

```
1     context.subscriptions.push(vscode.commands.registerCommand('
      vscodeplugindemo.helloWorld', () => {
2       vscode.window.showInformationMessage('Hello World from VsCodePluginDemo!');
3     }));
```

Um einen Command aufzurufen können die Nutzer direkt nach dem Command suchen (Tastenkombination Strg+Shift+P). Komfortabler ist es allerdings, den Nutzern direkt einen passenden Menüeintrag oder ein Keybinding bereitzustellen. Menüeinträge können dabei an verschiedenen Stellen in der Benutzeroberfläche eingehängt werden. Gängig sind hierfür die Titelleiste des Editors, verschiedene Kontext-Menüs, der Dialog zum Anlegen einer neuen Datei, die Titelleiste einer bestimmten View oder ein neues Submenü in der Menüleiste. Sowohl Menüs als auch Keybindings können im Manifest registriert werden.

Spracherweiterungen

Ein wichtiger Teil der VS Code Plugin API sind Language Extensions. Visual Studio Code unterscheidet bei diesen Funktionen zwischen Highlighting, Language Features und Snippets.

Highlighting Das Syntax Highlighting wird in VS Code durch eine TextMate-Grammatik erledigt [24]. Diese Grammatik wird dabei nicht nur für das Highlighting genutzt, sondern sie ist auch für das „Tokenization“ zuständig. Durch eine Codeanalyse anhand der gegebenen Grammatik wird der Text in kleine zusammengehörige Abschnitte (sogenannte Tokens) unterteilt. Diese Tokens werden zusätzlich noch klassifiziert, sodass zum Beispiel zwischen Kommentaren, Zeichenkettenliteralen, regulären Ausdrücken und Code unterschieden werden kann. Die Grammatik wird hierfür in einer einfachen Json-Datei im Plugin Projektordner abgelegt und dann per Manifest unter dem Contribution Point *grammar* eingebunden. Mithilfe solcher Grammatiken können auch bereits bestehende Grammatiken erweitert werden. Bei der Auswahl von Scopes, die durch die Grammatik definiert werden, sollte man sich an die Namenskonventionen von TextMate halten. Scopes mit diesem Namensschema werden auch von vielen Themes unterstützt werden. Um die Kategorisierung von bestimmten Tokens noch genauer zu erledigen, gibt es in VS Code auch „Semantic Highlighting“. Es kann in der API ein *DocumentSemanticTokensProvider* registriert werden, welcher den Code ana-

lysiert und zusätzliche (zum Beispiel kontextabhängige) Informationen über die Tokens bereitstellt.

Language Features Auch hier gibt es statisch definierte und programmatische Language Features. Statisch kann unter dem Contribution Point *languages* eine Reihe von Informationen angegeben werden, die es VS Code erlauben, die User Experience stark zu verbessern. So kann man unter anderem festlegen, mit welchen Zeichen Kommentare eingeleitet werden, oder welche Klammern es gibt, damit VS Code das Zuklappen erlauben kann. Zusammengehörige Paare von Zeichen (also Klammern, Anführungszeichen, u.s.w.) können automatisch geschlossen werden. Und sogar für das automatische Einrücken der nächsten Zeile bei einem Zeilenumbruch kann eine Regel erstellt werden. Programmatisch ist das Erweitern von Language Features etwas komplexer, allerdings steigt auch die Menge an Möglichkeiten. In der API können verschiedene Provider registriert werden, durch die Features wie „Go to Definition“, „IntelliSense“ Codevervollständigung oder diagnostische Fehleranalysen und entsprechende Verbesserungsvorschläge ermöglicht werden. Grundsätzlich ist es auch möglich, für einzelne Features einen Provider zu registrieren. Allerdings empfiehlt es sich, bei der Einbindung einer neuen Sprache, einen „Language Server“ und das Language Server Protocol zu nutzen. Diese Lösung bringt nicht nur Performanceverbesserungen im Editor sondern der Language Server kann auch für andere Editoren wiederverwendet werden, ohne dass er mehrfach implementiert werden muss. [2].

Snippets Snippets sind eine sehr einfache Form der Spracherweiterung. Es wird unter dem Contribution Point *snippets* einfach eine Datei mit den Vorlagen angegeben. Eine Vorlage enthält dabei immer ein Kürzel für welches das Snippet vorgeschlagen werden soll, den zu ersetzenden Text und optional eine Beschreibung. Dabei können im Text auch Platzhalter genutzt werden an die der Cursor beim Einsetzen des Snippets springt.

Benutzereingaben

Für die Eingabe von Daten bietet VS Code die Quick Pick API, die File Picker API und den Configuration Contribution Point.

Quick Pick API gibt dem Plugin eine Möglichkeit, den Nutzern ein einfaches Eingabefenster anzuzeigen. Dabei kann ein Fenster mit bereits vorgegebenen Auswahlmöglichkeiten durch den Aufruf von *showQuickPick* oder *createQuickPick* erstellt werden. Alternativ kann man mit den Funktionen *showInputBox* oder *createInputBox* die Nutzer auch selber einen Text eingeben lassen. Die show-Funktionen bieten dabei immer eine einfache vorgefertigte Implementierung an. Falls diese Option nicht ausreichend ist, kann mit den create-Funktionen auch eine komplexere Implementierung angegeben werden. Weiters kann auch eine Validierung des Inputs vorgenommen werden. Möchte man mehrere solcher Dialoge als Abfolge hintereinander anzeigen, so muss dies selber programmiert werden. Hierfür gibt es ein Beispiel namens *quickinput-sample* im Repository *vscode-extension-sample* [18].

File Picker API erlaubt das Auswählen von Ordnern oder Dateien aus dem Dateisystem des Betriebssystems mit der Funktion *showOpenDialog*. Dabei können Op-

tionen angegeben werden, die zum Beispiel beeinflussen, ob Ordner und/oder Dateien gewählt werden dürfen, ob mehrere Elemente selektiert werden dürfen oder ob nach Dateinamen gefiltert werden soll.

Configuration Contribution Point ermöglichen das Festlegen von Einstellungen, die von den Nutzern eingegeben und vom Plugin ausgelesen werden können. Hier können Einstellungen vom Typ *number*, *string* und *boolean* definiert werden, welche dann direkt im User Interface der VS Code Einstellungen bearbeitet werden können. Einfache *object*- und *array*-Eigenschaften können auch im UI dargestellt werden, allerdings dürfen diese keine verschachtelten Objekte oder Arrays enthalten. Ansonsten wird in den Einstellungen nur auf die manuell zu bearbeitende Datei „settings.json“ verwiesen. Für die Validierung der Einstellungen können Validierungsproperties von JSON Schema verwendet werden. Es ist also zum Beispiel möglich, ein maximum/minimum, einen regulären Ausdruck oder ein enum Array mit erlaubten Werten anzugeben. Zusätzlich ist es zu jeder Einstellung möglich, einen Titel und eine Beschreibung anzugeben, wobei es sogar Beschreibungen gibt, welche Markdown-Formattierungen enthalten dürfen.

Ausgaben und Anzeigen

Um den BenutzerInnen auch Feedback über die Ausführung des Plugin-Codes zu geben, ist in VS Code für drei allgemeine Anwendungsfälle vorgesorgt.

Um den BenutzerInnen eine kurze Rückmeldung zu geben, können am besten Notifications genutzt werden. Diese zeigen eine kurze Nachricht an, welche im Stil einer Information, einer Warnung oder einer Fehlermeldung dargestellt werden kann. Um einen längeren Fluss von Ausgaben (wie zum Beispiel Log-Nachrichten des Plugins) anzuzeigen, können Output Channels genutzt werden. An diese können Textzeilen nach und nach angehängt werden und sie werden den BenutzerInnen dann in einer einfachen Textausgabe präsentiert. In vielen Fällen reicht es schon als Feedback eine einfache Fortschrittsanzeige anzuzeigen. So kann den BenutzerInnen klar gemacht werden, dass das Plugin immer noch arbeitet und noch kein Fehler aufgetreten ist. Für diesen Anwendungsfall kann die Progress API genutzt werden.

Eine etwas komplexere Anzeige bieten Views, die die sogenannte Workbench erweitern. Mit der Tree View API kann eine einfache Baumstruktur, ähnlich der Dateiübersicht in der Explorer View, dargestellt werden. Für diese Implementierung muss ein *TreeDataProvider* erstellt werden, welcher die Baumstruktur und den Inhalt vorgibt. Die Webview API bietet im Gegensatz dazu mehr Optionen. Diese kann in einer View eine Art *iframe* anzeigen, in welchem dann HTML-Inhalte dargestellt werden können. Dabei kann auch JavaScript und CSS Code eingebunden werden, es können Nachrichten vom Plugin an die Webview und zurück geschickt werden, es können Kontextmenüs in die View eingebunden werden und der Zustand der View kann persistiert werden.

2.4.2 IntelliJ IDEA

Das IntelliJ Platform SDK enthält einen sehr großen Umfang von Features und Extension Points, die durch ein Plugin erweitert werden können. Einige wichtige Teile der API werden in den folgenden Abschnitten genauer beschrieben.

Actions und Menüs

Actions in IntelliJ funktionieren fast ident zu den Commands aus VS Code. Es handelt sich um einen vom Plugin definierten Code-Block, welcher von den BenutzerInnen zum Beispiel über Menüeinträge angestoßen werden kann. Eine Action ist dabei eine einfache Java-Klasse, welche von der Klasse *AnAction* abgeleitet wird. Dabei muss die Methode *actionPerformed* überschrieben werden. Diese enthält den Code, der von der Action ausgeführt wird. Optional sollte auch die *update*-Methode überschrieben werden, durch welche bestimmt wird, wann die Action aktiviert oder versteckt ist.

Im Plugin Configuration File wird festgelegt, wo und wie die programmierten Actions angezeigt werden. Dabei wird im Abschnitt *actions* ein *action*-Element erstellt. Dieses hat für gewöhnlich eine eindeutige ID, eine Klasse mit der Code-Implementierung und einen Text, welcher zur Anzeige verwendet wird. Zusätzlich können eine Beschreibung und ein Icon festgelegt werden. Es können Gruppenzuordnungen bestimmt werden, die bestimmen, wo und wie die Action angezeigt wird. Es können Keyboard Shortcuts bestimmt werden. Und es kann mit *override-text* ein alternativer Text angegeben werden, der nur an bestimmten Orten angezeigt wird.

```
1    <actions>
2        <action id="my.simple.DemoAction"
3                class="my.simple.DemoAction"
4                text="Demo Action">
5            <add-to-group group-id="ToolsMenu" anchor="first"/>
6        </action>
7    </actions>
```

Services

IntelliJ erlaubt es, Plugin Services zu definieren, welche dann auf drei Ebenen in jeweils zwei Varianten implementiert werden können. Instanzen solcher Services können dann an beliebigen Stellen im Plugin Code verwendet werden.

Die Ebene auf der ein Service erstellt wird, bestimmt, wie viele Instanzen dieses Services existieren können. Dabei gibt es das *application-level*, welches den Service als globales Singleton anbietet. Und es gibt *project-level* und *module-level* Services, bei welchen für jedes geöffnetet Projekt bzw. Modul je eine Instanz des Services besteht. Allerdings wird empfohlen, aus Effizienzgründen keine Services auf Modul-Level zu erstellen.

In Bezug auf die Varianten gibt es Light Services und normale Services. Die Light Services sind einfache Klassen, welche mit der Annotation *@Service* versehen sind. Light Services sind sehr effizient, allerdings gibt es einige Einschränkungen. So können beispielsweise keine anderen Services per Dependency Injektion injiziert werden. Vollwertige Services haben diese Einschränkungen nicht. Bei ihnen wird ein beliebiges Interface und eine dazugehörige Implementierung definiert. Diese werden daraufhin im Plugin Configuration File unter den Extension Points *applicationService* oder *projectService* registriert. Die Project-Level Services erhalten dabei sowohl als Light Service als auch als normaler Service, eine Referenz auf das aktuelle Projekt.

Listeners und Extension Points

Ganz ähnlich zu den vollwertigen Services funktioniert auch die Registrierung von Listenern und Extension Points. Allerdings gibt es hier bereits vorgefertigte Interfaces die implementiert werden müssen. Wurde die Implementierung dann in der Project Configuration registriert, wird sie zu den entsprechenden Zeitpunkten aufgerufen.

Bei Extension Points gibt es die weitere Besonderheit, dass auch eigene Extension Points deklariert und im Plugin Code aufgerufen werden können. Diese werden dann für andere Plugins zur Erweiterung angeboten.

PSI und Spracherweiterungen

PSI steht für Program Structure Interface und ist die Grundlage jeder Sprachunterstützung in IntelliJ. Immer wenn eine Datei mit Quellcode wird von IntelliJ geparsed wird, wird zugleich auch ein Objekt der Klasse *PsiFile* generiert. Dieses *PsiFile*-Objekt enthält dann eine Baumstruktur von Objekten der Klasse *PsiElement*, welche der Struktur des Quellcodes entspricht. Die Blattknoten eines solchen Baumes entsprechen dabei für gewöhnlich einzelnen Tokens und Identifiern, die nicht mehr zerlegt werden können. Nach oben hin werden diese dann zu Anweisungen, Code-Blöcken, Methoden, Klassen u.s.w. gebündelt. Der Vorteil dieser *PsiFile*-Objekte ist, dass sie von IntelliJ und auch von Plugins jederzeit verwendet werden können. Somit können unter anderem verschiedene Sprachfeatures sehr effizient implementiert werden.

Um die IntelliJ Plattform mit einer neuen Sprache zu erweitern, muss zuerst die entsprechende Sprache und ihre Grammatik definiert werden. Die Grammatik hat dabei nicht nur die Aufgabe, die Syntaxregeln einer neuen Sprache festzulegen. Durch sie wird auch die Struktur der Sprache festgestellt, was später für den Aufbau der PSI-Elemente wichtig ist. Hierfür wird eine Art der Backus Naur Form (BNF) verwendet, welche mit zusätzlichen Informationen gespickt wird [6, 11]. So gibt es zum Beispiel Attribute wie private, inner oder upper, welche die Struktur des PSI Baumes beinflussen. Mithilfe des Grammar Kit Plugins kann aus einer solchen Grammatik automatisch ein Parser und die entsprechenden PSI-Elemente generiert werden. Zusätzlich zum Parser wird auch ein Lexer benötigt. Dabei wird empfohlen, mithilfe von JFlex eine Datei mit Regeln automatisch in einen Lexer übersetzen zu lassen [4, 17].

Sobald Parser und Lexer registriert sind, steht das Grundgerüst der Spracherweiterung. Danach können verschiedene Features für die Sprache unabhängig voneinander implementiert werden. In den meisten Fällen ist dabei ein bestimmtes Interface zu implementieren und der entsprechende Contributor oder Provider im Configuration File zu registrieren. So können Auto Completion, Folding, Go To Symbol, References und Refactoring sowie viele weitere Funktionalitäten unterstützt werden.

User Interface Komponenten

Auch in IntelliJ gibt es einige vorgefertigte UI-Komponenten. Diese dienen vor allem dazu, die User Experience über verschiedene Plugins hinweg möglichst einheitlich und im Stile der IntelliJ Platform zu halten. Häufig verwendete Komponenten sind hierbei Dialoge, Popups, Notifications und Tool Windows. Für die Programmierung und Darstellung dieser Komponenten setzt IntelliJ auf das Java Swing Framework. Dafür

wurden auch bereits existierende Elemente des Swing Frameworks zusätzlich überarbeitet und verbessert. So wurde zum Beispiel die Swing *JList* durch die JetBrains *JBList* oder der *JTree* durch den *Tree* ersetzt.

Dialoge erlauben die Anzeige einer beliebigen Java-Swing-Komponente. Diese kann im einfachsten Fall ein Label mit einer Frage sein, es können allerdings auch komplexere Dialoge mit mehreren Eingabefeldern erstellt werden. Wobei sogar eine Validierung der Eingabefeldern eingebunden werden kann. Zusätzlich werden im Dialog automatisch weitere Buttons für das Abschließen des Dialogs eingebunden. Diese Buttons sind per default OK und Cancel, allerdings können auch diese manuell neu konfiguriert werden. Die Implementierung eines solchen Dialogs kann durch Ableiten der *DialogWrapper*-Klasse geschafft werden.

Popups sind eine sehr einfache Form von Dialogen. Der Unterschied zu Dialogen ist, dass Popups keine zusätzlichen Buttons einbinden, sondern automatisch geschlossen werden, sobald der Fokus verloren geht. Um einige vorgefertigte Varianten zu nutzen, können die Methoden der *JBPopupFactory* aufgerufen werden. So können einfache Popups zur Auswahl aus einer Liste oder zur Bestätigung einer Frage erstellt werden. Natürlich ist es auch wieder möglich, benutzerdefinierte Popups mit eigenen Swing-Komponenten zu erstellen. Dabei sollte allerdings im Hinterkopf gehalten werden, dass diese nicht zu komplex werden sollten.

Notifications sind zum Anzeigen von kurzen Informationen gedacht, für die ein vollständiger Dialog oder ein Popup zu störend wäre. Dabei gibt es die Editor Hints, welche eine Art Sprechblase an der aktuellen Stelle des Editors anzeigen. Diese können vor allem für kurze Fehlermeldungen von Editor-bezogenen Actions genutzt werden. Editor Banner werden häufig für Fehlermeldungen oder Warnungen eingesetzt, welche die Projektstruktur oder die Projekteinstellungen betreffen. So werden sie zum Beispiel von IntelliJ angewendet, wenn innerhalb eines Projekts kein passendes Java Development KitJDK definiert ist. Für weitere Fehlermeldungen können am besten sogenannte „Balloons“ genutzt werden. Diese Meldungen tauchen für gewöhnlich in kleinen Blasen am rechten Rand des IntelliJ-Fensters auf, und verschwinden dann nach zehn Sekunden automatisch. Sie können allerdings auch auf „sticky“ geschalten werden, damit sie nicht mehr verschwinden können.

Tool Windows sind Fenster die in der Werkzeugleiste von IntelliJ eingehangen werden können. Am einfachsten können diese erstellt werden, indem eine Klasse von *ToolWindowFactory* abgeleitet wird. Diese Klasse kann dann in der Plugin Configuration als *ToolWindow* eingebunden werden. Jedes *ToolWindow* kann mehrere „Contents“ besitzen, welche im Grunde beliebige *JPanel* Elemente anzeigen können. Solche *ToolWindows* eignen sich am besten um komplexere UI in das Plugin einzubinden.

2.4.3 IntelliJ Flora Plugins

In der Plugin-Dokumentation von JetBrains wird zu Beginn empfohlen, sich noch einmal gründlich zu überlegen, ob man für die gewünschte Funktionalität wirklich ein vollwertiges Plugin benötigt. Häufig kommt es nämlich vor, dass nur bestimmte kleine Tasks innerhalb des IDEs automatisiert werden sollen [16]. Hierfür schlägt JetBrains einige

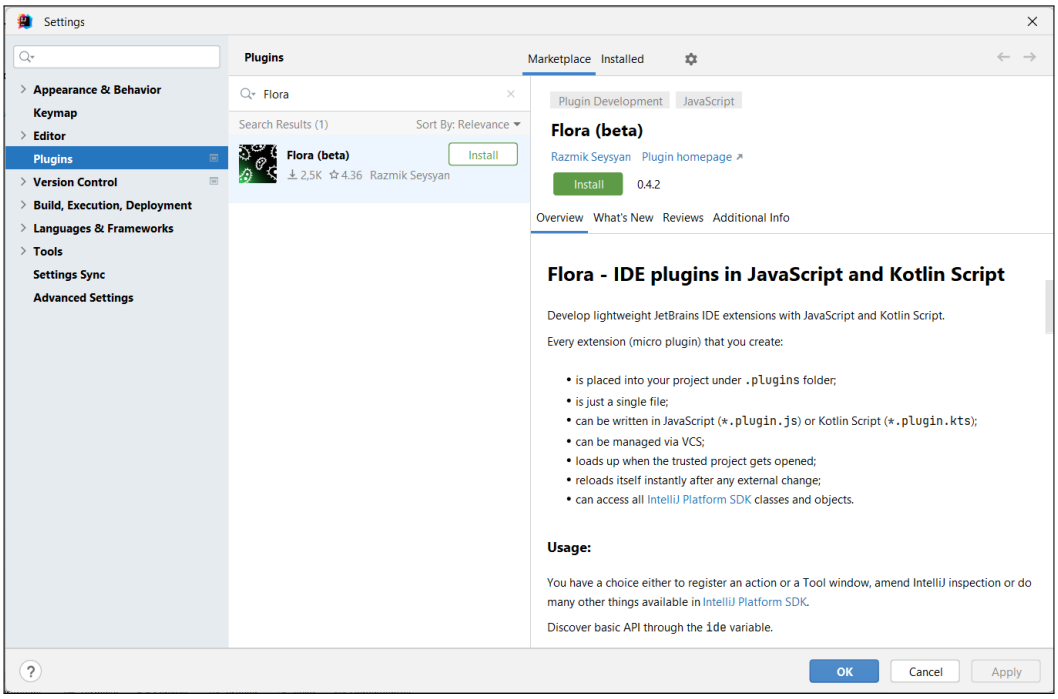


Abbildung 2.3: Flora Plugin im IntelliJ Plugin Marketplace.

leichtgewichtige Alternativen vor. Eine nennenswerte Alternative ist das „Flora Plugin“ für das IntelliJ IDEA.

Flora kann über die Einstellungen des IntelliJ IDEA im Abschnitt „Plugins“ installiert werden.

Das Plugin sucht dann in den geöffneten Projektverzeichnissen nach ausführbaren „micro plugin“-Dateien, die JavaScript oder Kotlin-Quellcode enthalten. Diese müssen sich in einem Ordner namens *.plugins* befinden und auf *.plugin.js* oder *.plugin.kts* enden [21]. Innerhalb dieser Plugin-Dateien kann über die Variable *ide* auf die angebotene Schnittstelle zugegriffen werden. Diese erlaubt es unter anderem Actions, Keyboard Shortcuts, Services und ToolWindows zu erstellen.

Flora Plugins bieten sich vor allem dann an, wenn eine projektspezifische Aufgabe automatisiert werden soll. Hier sind vor allem die Leichtgewichtigkeit der Plugins und die Schnelle, mit der ein einfaches Plugin entwickelt werden kann, von großem Vorteil. Weiters spricht für diesen Anwendungsfall, dass der Plugin Code direkt im Projektordner abgelegt wird und somit auch in einem Version Control System wie Git mit abgelegt werden kann.

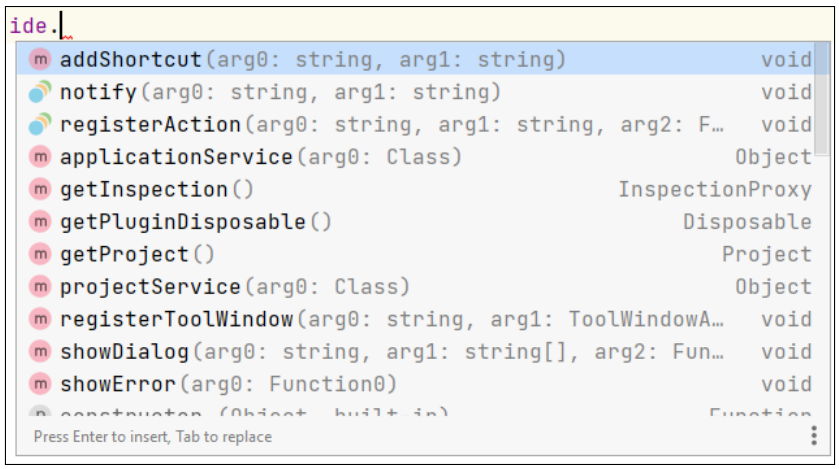


Abbildung 2.4: Übersicht über die API des Flora Plugins.

Kapitel 3

Anforderungen an den Prototyp

3.1 Aufbau

Kapitel 4

Entwicklung des Prototpys für Visual Studio Code

4.1 Design

4.2 Implementierung

4.2.1 Aufsetzen des Projektes

Aufbau der Ordnerstruktur

4.2.2 Entwicklung

4.3 Tests

4.4 Publishing

4.5 CI/CD

Kapitel 5

Entwicklung des Prototpys für IntelliJ

5.1 Design

5.2 Implementierung

5.2.1 Aufsetzen des Projektes

Aufbau der Ordnerstruktur

5.2.2 Entwicklung

5.3 Tests

5.4 Publishing

5.5 CI/CD

Kapitel 6

Bewertungskriterien

6.1 Popularität der Entwicklungsumgebung

6.1.1 Visual Studio Code

6.1.2 IntelliJ IDEA

6.2 Performance

6.2.1 Visual Studio Code

6.2.2 IntelliJ IDEA

6.3 Feature Umfang

6.3.1 Visual Studio Code

6.3.2 IntelliJ IDEA

6.4 Intuitivität der API

6.4.1 Visual Studio Code

6.4.2 IntelliJ IDEA

6.5 Dokumentation der API

6.5.1 Visual Studio Code

6.5.2 IntelliJ IDEA

6.6 Testbarkeit des Plugins

6.6.1 Visual Studio Code

6.6.2 IntelliJ IDEA

6.7 Möglichkeiten des Publishings

6.7.1 Visual Studio Code

6.7.2 IntelliJ IDEA

6.8 Installationsprozess des Plugins

Kapitel 7

Vergleich der Kriterien

7.1 Popularität der Entwicklungsumgebung

7.1.1 Visual Studio Code

7.1.2 IntelliJ IDEA

7.1.3 Vergleich

7.2 Performance

7.2.1 Visual Studio Code

7.2.2 IntelliJ IDEA

7.2.3 Vergleich

7.3 Feature Umfang

7.3.1 Visual Studio Code

7.3.2 IntelliJ IDEA

7.3.3 Vergleich

7.4 Intuitivität der API

7.4.1 Visual Studio Code

7.4.2 IntelliJ IDEA

7.4.3 Vergleich

7.5 Dokumentation der API

7.5.1 Visual Studio Code

7.5.2 IntelliJ IDEA

7.5.3 Vergleich

7.6 Testbarkeit des Plugins

7.6.1 Visual Studio Code

7.6.2 IntelliJ IDEA

Kapitel 8

Conclusion

Anhang A

Technische Informationen

Quellenverzeichnis

Literatur

[1] Ken Arnold. *The Java programming language*. eng. 1. print.. The Java series. 1996 (siehe S. 4).

[2] Nadeeshaan Gunasinghe. *Language server protocol and implementation : : supporting language-smart editing and programming tools*. eng. 2022 (siehe S. 10).

[3] Ted Hagos. *Beginning IntelliJ IDEA : Integrated Development Environment for Java Programming*. eng. 1st ed. 2022.. 2022 (siehe S. 3).

[4] Gerwin Klein. „Jflex users manual“. *Available on-line at www. jflex. de. Accessed August* (2010) (siehe S. 13).

[5] Dan Maharry. *TypeScript Revealed*. eng. Berkeley, CA: Apress (siehe S. 4).

[6] Daniel D McCracken und Edwin D Reilly. „Backus-naur form (bnf)“. In: *Encyclopedia of Computer Science*. 2003, S. 129–131 (siehe S. 13).

[7] Nathan Rozentals. *Mastering TypeScript* (siehe S. 3).

[8] Kishori Sharan. *Beginning Java 17 fundamentals : : object-oriented programming in Java 17*. eng. Third edition.. 2022 (siehe S. 4).

[9] Doug Winnie. *Essential Java for AP CompSci: From Programming to Computer Science*. eng. Berkeley, CA: Apress L. P, 2021 (siehe S. 4).

Online-Quellen

[10] *„TypeScript“ on CodePlex. Archived from the original on 3 April 2015*. URL: https://web.archive.org/web/20150403224440/https://typescript.codeplex.com/releases/view/95554 (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 3).

[11] *Grammar-Kit GitHub Repository*. URL: https://github.com/JetBrains/Grammar-Kit (besucht am 31. 10. 2023) (siehe S. 13).

[12] Rens Hijdra u. a. *VSCode - From Vision to Architecture*. URL: https://2021.desosa.nl/projects/vscode/posts/essay2/ (besucht am 07. 10. 2023) (siehe S. 6).

[13] *IntelliJ IDEA Wikipedia*. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/IntelliJ_IDEA (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 2).

[14] *IntelliJ IDEA. Archived from the original on 28 January 2001.* URL: http://web.archive.org/web/20010128152900/http://www.intellij.com:80/idea/features.jsp (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 2).

[15] *IntelliJ Marketplace.* URL: https://plugins.jetbrains.com/ (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 3).

[16] *IntelliJ Platform SDK Documentation.* URL: https://plugins.jetbrains.com/docs/intellij/welcome.html (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 3, 14).

[17] *JFlex Homepage.* URL: https://jflex.de/ (besucht am 31. 10. 2023) (siehe S. 13).

[18] Microsoft. *Visual Studio Code Extension Samples.* URL: https://github.com/microsoft/vscode-extension-samples (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 10).

[19] *Our Approach to Extensibility.* URL: https://vscode-docs.readthedocs.io/en/stable/extensions/our-approach/ (besucht am 08. 10. 2023) (siehe S. 6).

[20] *PYPL PopularitY of Programming Language index.* URL: https://pypl.github.io/PYPL.html (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 3).

[21] Razmik Seysyan. *Flora (beta) Plugin on JetBrains Marketplace.* URL: https://plugins.jetbrains.com/plugin/17669-flora-beta- (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 15).

[22] *Stack Overflow Developer Survey 2023.* URL: https://survey.stackoverflow.co/2023/ (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 2).

[23] *Stack Overflow Insights - Survey Data.* URL: https://insights.stackoverflow.com/survey (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 2, 3).

[24] *TextMate Language Grammar.* URL: https://macromates.com/manual/en/language_grammars (besucht am 10. 10. 2023) (siehe S. 9).

[25] *TIOBE Index.* URL: https://www.tiobe.com/tiobe-index/ (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 3).

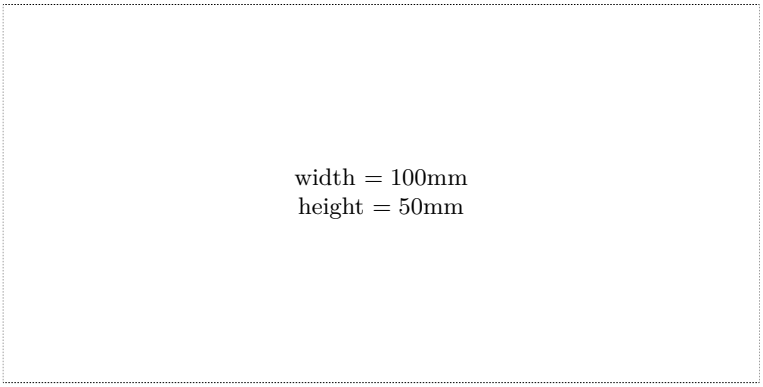
[26] *Visual Studio Code editor hits version 1, has half a million users.* URL: https://arstechnica.com/information-technology/2016/04/visual-studio-code-editor-hits-version-1-has-half-a-million-users/ (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 2).

[27] *Visual Studio Code Marketplace.* URL: https://marketplace.visualstudio.com/search?target=VSCode&category=All%20categories&sortBy=Installs (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 3).

[28] *Visual Studio Code Preview. Archived from the original on 9 October 2015.* URL: https://web.archive.org/web/20151009211114/http:/blogs.msdn.com/b/vscode/archive/2015/04/29/announcing-visual-studio-code-preview.aspx (besucht am 06. 10. 2023) (siehe S. 2).

Messbox zur Druckkontrolle

— Druckgröße kontrollieren! —



— Diese Seite nach dem Druck entfernen! —