Optionen für Schulungsunterlagen zur Zertifizierung "Certified Testing with Generative AI"

# 1. Einleitung: Ihre Zertifizierung im Bereich Generative KI im Softwaretest

**1.1 Ihr Ziel: Die Zertifizierung "Certified Testing with Generative AI"**

Die Bestrebung, sich im Bereich "Certified Testing with Generative AI" zu zertifizieren, unterstreicht die wachsende Bedeutung von Künstlicher Intelligenz (KI) und insbesondere Generativer KI (GenAI) im Softwaretest. Diese Spezialisierung ist ein klares Zeichen dafür, dass die Qualitätssicherung eine Transformation durchläuft, in der KI-Fähigkeiten für Testprofis immer wichtiger werden. Es geht dabei nicht mehr nur darum, KI-basierte Systeme zu testen, sondern auch darum, KI-Werkzeuge aktiv zu nutzen, um den Testprozess selbst effizienter und effektiver zu gestalten. Die Validierung dieses Fachwissens durch eine anerkannte Zertifizierung kann die beruflichen Perspektiven erheblich verbessern und die Kompetenz in diesem spezialisierten Segment offiziell bestätigen.

Die Nachfrage nach Fachkräften, die Generative KI im Softwaretest anwenden können, spiegelt einen umfassenderen Branchentrend wider. Unternehmen erkennen zunehmend das Potenzial von GenAI, repetitive oder komplexe Testaufgaben zu automatisieren, Testfälle zu generieren, Fehler zu analysieren und die Testabdeckung zu optimieren.Dies führt dazu, dass Tester ihre Fähigkeiten erweitern müssen, um diese neuen Technologien effektiv einzusetzen und die Qualität von Softwareprodukten in einer sich schnell entwickelnden digitalen Landschaft sicherzustellen. Die angestrebte Zertifizierung positioniert den Einzelnen an der Spitze dieser Entwicklung.

**1.2 Überblick über die aktuelle Zertifizierungslandschaft im KI-Testen**

Die Landschaft der KI- und GenAI-Zertifizierungen ist derzeit sehr dynamisch und unterliegt einer raschen Entwicklung. Es existieren bereits etablierte Zertifizierungen, die ein breiteres Spektrum des Testens von KI-basierten Systemen abdecken, während gleichzeitig neuere, spezialisierte Angebote entstehen, die sich explizit auf Generative KI konzentrieren. Diese Koexistenz von breiteren und spezialisierten Zertifizierungen ist ein Indikator für die schnelle Evolution und die zunehmende Differenzierung innerhalb des Feldes des KI-Testens.

Die Einführung einer "Beta"-Zertifizierung wie der "Certified Tester Testing with Generative AI" (CTFL-GENAI) durch das International Software Testing Qualifications Board (ISTQB) neben der bereits etablierten "Certified Tester AI Testing" (CT-AI) verdeutlicht, dass Generative KI als ein eigenständiger und kritischer Teilbereich anerkannt wird, der eine spezifische Ausbildung und Zertifizierung erfordert. Dies signalisiert eine Reifung des Marktes, in der detailliertere Kompetenzen in spezifischen KI-Technologien, wie den Large Language Models (LLMs) und deren Anwendungen im Testen, zunehmend gefragt sind. Die Unterscheidung zwischen diesen Zertifizierungen ist entscheidend für das Verständnis der verfügbaren Schulungswege.

# 2. Klärung der Zertifizierung: ISTQB CT-AI vs. CTFL-GENAI (Beta)

Um die Optionen für Schulungsunterlagen optimal zu bewerten, ist es unerlässlich, die Unterschiede zwischen den relevanten ISTQB-Zertifizierungen im Bereich KI und Generativer KI zu verstehen.

**2.1 Die ISTQB Certified Tester AI Testing (CT-AI) Zertifizierung**

Die ISTQB Certified Tester AI Testing (CT-AI) Zertifizierung ist eine etablierte Qualifikation, die ein umfassendes Verständnis von Künstlicher Intelligenz und/oder Deep (Machine) Learning vermittelt. Ihr Fokus liegt auf zwei komplementären Bereichen: dem Testen von Systemen, die auf KI basieren, und der Nutzung von KI-Technologien zur Unterstützung des Testprozesses selbst. Diese Zertifizierung richtet sich an eine breite Palette von Fachleuten im Softwaretest, darunter Tester, Testanalysten, Datenanalysten, Testingenieure, Testberater, Testmanager, User Acceptance Tester und Softwareentwickler.

Der Syllabus der CT-AI-Zertifizierung deckt eine Vielzahl von Schlüsselthemen ab, die für das Verständnis und die Anwendung von KI im Testen grundlegend sind :

* **Einführung in KI:** Dies umfasst die Definition von KI, verschiedene Arten wie Narrow, General und Super AI, den Vergleich von KI-basierten und konventionellen Systemen, sowie einen Überblick über KI-Technologien, Entwicklungs-Frameworks, Hardware für KI-Systeme und KI als Dienstleistung (AIaaS). Auch relevante Standards und Vorschriften werden behandelt.
* **Qualitätsmerkmale für KI-basierte Systeme:** Ein zentraler Aspekt ist das Verständnis spezifischer Qualitätsmerkmale wie Flexibilität, Anpassungsfähigkeit, Autonomie, Evolution, Bias (Verzerrung), Ethik, Nebenwirkungen, Transparenz, Interpretierbarkeit, Erklärbarkeit und Sicherheit von KI-Systemen.
* **Maschinelles Lernen (ML):** Die Zertifizierung bietet einen Überblick über verschiedene Formen des maschinellen Lernens, den ML-Workflow, die Auswahl von ML-Formen und Algorithmen, sowie Konzepte wie Overfitting und Underfitting.
* **ML-Daten:** Ein tiefes Verständnis der Daten ist entscheidend. Dies beinhaltet die Datenvorbereitung im ML-Workflow, die Rolle von Trainings-, Validierungs- und Testdatensätzen, Fragen der Datensatzqualität und deren Auswirkungen auf das ML-Modell, sowie die Datenkennzeichnung für überwachtes Lernen.
* **ML-Funktionsmetriken:** Die Bewertung von ML-Modellen erfordert spezifische Metriken wie die Confusion Matrix und zusätzliche Leistungsmetriken für Klassifizierung, Regression und Clustering. Auch die Grenzen dieser Metriken und deren Auswahl werden behandelt.
* **Neuronale Netze und Testen:** Grundlagen neuronaler Netze und Abdeckungsmaße für diese werden vermittelt.
* **Testen von KI-basierten Systemen:** Dieser Abschnitt behandelt die Spezifikation von KI-basierten Systemen, Testdaten für deren Prüfung, das Testen auf Automatisierungs-Bias, die Dokumentation von KI-Komponenten, das Testen auf Konzeptdrift und die Auswahl eines Testansatzes für ML-Systeme.
* **Testen KI-spezifischer Qualitätsmerkmale:** Hier werden die Herausforderungen beim Testen selbstlernender und autonomer KI-Systeme, das Testen auf algorithmische, Stichproben- und unangemessene Verzerrungen, sowie die Komplexität, Nicht-Determinismus, Transparenz, Interpretierbarkeit und Erklärbarkeit von KI-basierten Systemen beleuchtet. Auch Test-Orakel, Testziele und Akzeptanzkriterien sind Teil dieses Kapitels.
* **Methoden und Techniken für das Testen von KI-basierten Systemen:** Es werden spezifische Testtechniken wie Adversarial Attacks, Data Poisoning, A/B Testing, Back-to-Back Testing, Metamorphic Testing und erfahrungsbasiertes Testen vorgestellt und deren Auswahl für KI-Systeme diskutiert.
* **Testumgebungen für KI-basierte Systeme:** Die besonderen Anforderungen an Testumgebungen, einschließlich virtueller Testumgebungen, werden behandelt.
* **Nutzung von KI für das Testen:** Dieser Abschnitt ist besonders relevant für die Anfrage des Nutzers, da er die Anwendung von KI-Technologien zur Verbesserung des Testprozesses beleuchtet. Dazu gehören die Generierung von Testfällen, die Optimierung von Regressionstest-Suiten, die Fehlerprädiktion, das Testen von Benutzeroberflächen und die Analyse von Fehlerberichten.

Die Voraussetzung für die CT-AI-Zertifizierung ist der Besitz des ISTQB Certified Tester Foundation Level (CTFL) Zertifikats. Dies stellt sicher, dass Kandidaten über ein grundlegendes Verständnis der Softwaretestprinzipien verfügen, bevor sie sich auf die komplexen Aspekte des KI-Testens konzentrieren. Die breite Abdeckung der CT-AI-Zertifizierung, die sowohl das Testen

*von* KI-Systemen als auch die Nutzung *von* KI *im* Testen umfasst, positioniert sie als die derzeit umfassendste offizielle ISTQB-Zertifizierung für KI im Testbereich. Die explizite Erwähnung von "Using AI for Testing" im CT-AI-Syllabus ist ein wichtiger Hinweis darauf, dass sie bereits Aspekte der Generativen KI im Testprozess abdeckt, auch wenn der Fokus nicht ausschließlich darauf liegt. Dies ist ein entscheidender Punkt für die Suche nach Schulungsunterlagen, da die dedizierte GenAI-Zertifizierung noch im Beta-Status ist.

**2.2 Die ISTQB Certified Tester Testing with Generative AI (CTFL-GENAI) (Beta)**

Die vom Nutzer erwähnte Zertifizierung "Certified Tester Testing with Generative AI (CTFL-GENAI)" befindet sich derzeit im **Beta-Status**. Dies bedeutet, dass sie sich noch in der Entwicklungsphase befindet und vom ISTQB als "coming to market" angekündigt wird. Zum aktuellen Zeitpunkt sind jedoch

**keine offizielle Landing Page oder unterstützende Dokumente** wie ein vollständiger Syllabus oder Beispielprüfungen auf der ISTQB-Website verfügbar. Das vom Nutzer bereitgestellte Dokument (GenAI.docx) ist somit als eine Vorschau oder ein Entwurf für diese zukünftige Zertifizierung zu verstehen.

Der Beta-Status der CTFL-GENAI hat wichtige Implikationen für die Beschaffung von Schulungsunterlagen. Da keine offiziellen Dokumente veröffentlicht wurden, gibt es derzeit auch **keine offiziell akkreditierten Schulungen** oder vollständigen, von ISTQB veröffentlichten Studienmaterialien, die speziell auf *diese spezifische* Beta-Zertifizierung zugeschnitten sind. Dies bedeutet, dass Lernende, die sich auf diesen Bereich spezialisieren möchten, eine proaktivere und möglicherweise kombinierte Lernstrategie verfolgen müssen, die über den traditionellen Weg "Syllabus + Akkreditierter Kurs" hinausgeht. Es erfordert, sich auf verwandte, bereits verfügbare Zertifizierungen und allgemeine GenAI-Kurse zu konzentrieren, um die Wissenslücke zu schließen, bis die CTFL-GENAI offiziell eingeführt wird.

**2.3 Analyse Ihres Beta-Dokuments (GenAI.docx) im Kontext der ISTQB-Syllabi**

Das vom Nutzer bereitgestellte Dokument (GenAI.docx) ist ein detaillierter Entwurf, der die Kernkonzepte des Testens mit Generativer KI umfassend beschreibt. Es ist in fünf Kapitel gegliedert:

* **Kapitel 1: Einführung in Generative KI für Softwaretests** behandelt die Grundlagen von Large Language Models (LLMs), einschließlich Tokenisierung und multimodaler Fähigkeiten. Es erforscht Anwendungen von GenAI im Softwaretest, unterscheidet zwischen KI-Chatbots und LLM-gestützten Testwerkzeugen und experimentiert mit Tokenisierung, Kontextfenstern und multimodalen Prompts.
* **Kapitel 2: Prompt-Engineering für effektives Softwaretesten** lehrt die Erstellung effektiver, strukturierter Prompts für GenAI im Softwaretest, einschließlich der Komponenten eines Prompts, Kern-Prompting-Techniken (Prompt Chaining, Few-Shot Prompting, Meta Prompting) und deren Anwendung auf verschiedene Testaufgaben. Es befasst sich auch mit der Bewertung von GenAI-Ergebnissen und der Verfeinerung von Prompts.
* **Kapitel 3: Management von Risiken der Generativen KI im Softwaretest** behandelt die Identifizierung und Minderung von Halluzinationen, Denkfehlern und Verzerrungen (Biases) beim Testen mit GenAI. Es befasst sich auch mit Datenschutz- und Sicherheitsfragen, dem Energieverbrauch und den Umweltauswirkungen sowie mit KI-Vorschriften, Standards und Best Practices.
* **Kapitel 4: LLM-gestützte Testinfrastruktur für Softwaretests** untersucht GenAI-Architekturen wie Retrieval-Augmented Generation (RAG) und GenAI-Agenten. Es lehrt den Prozess zur Feinabstimmung von LLMs für Softwaretestaufgaben und die Konzepte von Large Language Model Operations (LLMOps).
* **Kapitel 5: Einsatz und Integration von Generativer KI in Testorganisationen** beschreibt eine strukturierte Roadmap zur Integration von GenAI in Testprozesse und die organisatorische Transformation, die dafür erforderlich ist, einschließlich Risiken von Schatten-KI und benötigten Fähigkeiten.

Dieses Beta-Dokument ist thematisch sehr eng mit der bestehenden ISTQB CT-AI-Zertifizierung verwandt, insbesondere im Bereich "Nutzung von KI für das Testen" und den Herausforderungen beim Testen von KI-Systemen. Die detaillierte Natur des Dokuments deutet darauf hin, dass es sich um einen Entwurf für einen zukünftigen offiziellen Syllabus handelt, der die GenAI-Aspekte stärker hervorhebt. Dies bedeutet, dass das Dokument eine ausgezeichnete Grundlage für das Verständnis der Konzepte bietet, die für die CT-AI relevant sind, und voraussichtlich auch für die zukünftige CTFL-GENAI.

Die folgende Tabelle bietet einen direkten Vergleich der beiden ISTQB-Zertifizierungen, um die aktuelle Situation klar darzustellen:

**Tabelle 1: Vergleich der ISTQB AI/GenAI Zertifizierungen**

| **Merkmal** | **ISTQB Certified Tester AI Testing (CT-AI)** | **ISTQB Certified Tester Testing with Generative AI (CTFL-GENAI)** |
| --- | --- | --- |
| **Status** | Offiziell, etabliert | Beta-Status, in Entwicklung |
| **Voraussetzungen** | ISTQB Certified Tester Foundation Level (CTFL) | Vermutlich ISTQB CTFL (impliziert durch "CTFL-GENAI") |
| **Primärer Fokus** | Testen von KI-basierten Systemen UND Nutzung von KI im Testprozess | Spezifische Anwendung von Generativer KI im Softwaretest |
| **Verfügbarkeit Offizieller Materialien** | Syllabus, Beispielprüfungen, akkreditierte Trainings verfügbar | Keine offizielle Landing Page oder unterstützende Dokumente verfügbar |
| **Akkreditierte Trainings** | Zahlreiche Anbieter weltweit | Derzeit keine offiziell akkreditierten Kurse (impliziert durch Beta-Status) |
| **Relevanz für "Testing with Generative AI"** | Deckt relevante Konzepte ab, insbesondere "Using AI for Testing" | Wird der spezifische Fokus sein, sobald offiziell veröffentlicht |

Diese Tabelle ist von grossem Nutzen, da sie die potenzielle Verwirrung bezüglich der beiden ähnlich klingenden Zertifizierungen auflöst. Sie liefert eine klare Momentaufnahme des aktuellen Status und der Verfügbarkeit, was dem Lernenden hilft, eine fundierte Entscheidung über seinen Lernpfad zu treffen. Sie macht deutlich, dass die CT-AI die aktuell praktikabelste offizielle Option ist, während die CTFL-GENAI noch in den Kinderschuhen steckt.

Das Beta-Dokument (GenAI.docx) ist ein wertvoller Ausgangspunkt für die Vorbereitung. Die folgende Tabelle zeigt die Relevanz der Inhalte des Beta-Dokuments für die bereits verfügbare ISTQB CT-AI-Zertifizierung:

**Tabelle 2: Relevanz des Beta-Dokuments (GenAI.docx) für die ISTQB CT-AI Inhalte**

| **GenAI.docx Kapitel/Abschnitt** | **Schlüsselthemen in GenAI.docx** | **Entsprechender ISTQB CT-AI Syllabus-Abschnitt** | **Relevanz/Überschneidung** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Kapitel 1: Einführung in GenAI für Softwaretests** | Grundlagen von LLMs, GenAI-Anwendungen im Softwaretest, LLM-Fähigkeiten für Testaufgaben (Anforderungsanalyse, Testfallerstellung, Testdatengenerierung, Testautomatisierung, Analyse von Testergebnissen, Test-Artefakte) | Einführung in KI; Nutzung von KI für das Testen (Testfallgenerierung, Optimierung von Regressionstest-Suiten, Fehlerprädiktion, Testen von UIs, Analyse von Fehlerberichten) | Hohe Überschneidung. Das Beta-Dokument vertieft die GenAI-Aspekte der KI-Nutzung im Testen. |
| **Kapitel 2: Prompt-Engineering für effektives Softwaretesten** | Struktur von Prompts, Kern-Prompting-Techniken (Prompt Chaining, Few-Shot, Meta Prompting), Anwendung auf Testanalyse, Testdesign, Testautomatisierung, Testüberwachung | Nutzung von KI für das Testen (implizit durch "AI technologies for testing") | Sehr hohe Relevanz. Prompt Engineering ist ein Kernaspekt der GenAI-Nutzung im Testen, der im CT-AI-Syllabus zwar nicht explizit als "Prompt Engineering" benannt, aber durch die Anwendungsfälle abgedeckt wird. |
| **Kapitel 3: Management von Risiken der Generativen KI im Softwaretest** | Halluzinationen, Denkfehler, Verzerrungen (Biases), Datenschutz- und Sicherheitsrisiken, Energieverbrauch, KI-Vorschriften, Standards, Best Practices | Qualitätsmerkmale für KI-basierte Systeme (Bias, Ethik, Sicherheit); Testen KI-spezifischer Qualitätsmerkmale (Herausforderungen beim Testen von Bias, Nicht-Determinismus, Transparenz/Interpretierbarkeit/Erklärbarkeit) | Hohe Überschneidung. Beide Dokumente betonen die Risiken und die Notwendigkeit von Qualitätsmerkmalen und ethischen Überlegungen. |
| **Kapitel 4: LLM-gestützte Testinfrastruktur für Softwaretests** | Architektonische Ansätze (RAG, LLM-Agenten), Feinabstimmung von LLMs, LLMOps | Testumgebungen für KI-basierte Systeme; Nutzung von KI für das Testen (implizit durch Integration von KI-Tools) | Mittlere bis hohe Überschneidung. Das Beta-Dokument bietet detailliertere Einblicke in moderne LLM-Architekturen und deren Operationalisierung. |
| **Kapitel 5: Einsatz und Integration von GenAI in Testorganisationen** | Roadmap für die Einführung, Risiken von Schatten-KI, Schlüsselaspekte einer GenAI-Strategie, Veränderungsmanagement, benötigte Fähigkeiten, Aufbau von Fähigkeiten in Testteams | Nutzung von KI für das Testen (implizit durch Implementierung von KI-Lösungen); Allgemeine Teststrategie und -management | Mittlere bis hohe Überschneidung. Das Beta-Dokument konzentriert sich stärker auf die organisatorische Einführung und die Entwicklung von Fähigkeiten. |

Diese Tabelle ist wertvoll, da sie dem Lernenden aufzeigt, dass das vorliegende Beta-Dokument eine solide Grundlage für das Verständnis der Generativen KI im Softwaretest bietet und dass viele seiner Inhalte bereits im Umfang der bestehenden ISTQB CT-AI-Zertifizierung enthalten sind. Dies validiert den Ausgangspunkt des Lernenden und bietet Orientierung, wie das Dokument effektiv für die Vorbereitung auf die CT-AI genutzt werden kann.

# 3. Optionen für hochwertige Schulungsunterlagen und Vorbereitung

Angesichts des Beta-Status der CTFL-GENAI-Zertifizierung und der inhaltlichen Überschneidungen mit der CT-AI-Zertifizierung gibt es mehrere Optionen für hochwertige Schulungsunterlagen und die Prüfungsvorbereitung. Eine effektive Strategie könnte darin bestehen, eine Kombination aus offiziellen und ergänzenden Ressourcen zu nutzen.

**3.1 Offizielle ISTQB-Ressourcen**

Für die ISTQB Certified Tester AI Testing (CT-AI) Zertifizierung sind offizielle und verlässliche Ressourcen verfügbar, die als primäre Studienführer dienen sollten:

* **Offizieller Syllabus:** Der Syllabus ist das Herzstück jeder ISTQB-Zertifizierung und detailliert alle Lernziele und Inhalte, die für die Prüfung relevant sind. Das gründliche Studium des offiziellen CT-AI-Syllabus ist unerlässlich, um sicherzustellen, dass alle erforderlichen Themen abgedeckt werden. Da das CTFL-GENAI-Dokument noch im Beta-Status ist, bietet der CT-AI-Syllabus die aktuellste offizielle Struktur für relevante Inhalte.
* **Beispielprüfungen (Sample Exams):** ISTQB stellt in der Regel offizielle Beispielprüfungen zur Verfügung, die das Format und den Schwierigkeitsgrad der tatsächlichen Prüfung widerspiegeln. Diese sind von unschätzbarem Wert, um die Prüfungsbedingungen zu simulieren und das eigene Wissen zu testen. Für die CT-AI sind solche Beispielprüfungen verfügbar.

**3.2 Akkreditierte Trainingsanbieter**

Die Teilnahme an einem Kurs bei einem akkreditierten Trainingsanbieter ist eine der effektivsten Methoden zur Vorbereitung auf ISTQB-Zertifizierungen. Diese Anbieter haben ihre Kursmaterialien und Lehrpläne vom ISTQB prüfen und anerkennen lassen, was die Relevanz und Konsistenz mit dem Syllabus gewährleistet.

* **ILX Group:** Die ILX Group bietet einen akkreditierten ISTQB Certified Tester AI Testing (CT-AI) Kurs an.Dieser Kurs baut auf dem Foundation Level Wissen auf und konzentriert sich auf die Anpassung an KI-Technologien, die Verbesserung der Testfähigkeiten und die Förderung von Innovationen in Testprozessen. Der Kurs deckt KI-Konzepte, Teststrategien, maschinelles Lernen, neuronale Netze, Testtechniken und Metriken ab und zielt darauf ab, robuste, geschäftsfähige KI-Lösungen zu liefern. Die Kurse werden als Live-Virtual-Classroom oder Online-Virtual-Training angeboten und beinhalten oft das Prüfungsentgelt.
* **Exactpro:** Exactpro ist ein weiterer akkreditierter ISTQB-Trainingsanbieter für die CT-AI-Zertifizierung. Ihr Kurs deckt alle 11 Kapitel des CT-AI-Syllabus detailliert ab und bietet auch Mock-Exams zur Prüfungsvorbereitung an. Das Team von Exactpro umfasst erfahrene ISTQB-zertifizierte Trainer und Entwickler.

Die Vorteile akkreditierter Trainings liegen in der strukturierten Wissensvermittlung, der Möglichkeit zur direkten Interaktion mit erfahrenen Trainern und der Gewissheit, dass die Lerninhalte vollständig und korrekt sind. Viele dieser Kurse sind so konzipiert, dass sie innerhalb weniger Tage (z.B. zwei bis vier Tage) absolviert werden können.

**3.3 Ergänzende Online-Kurse und spezialisierte Trainings**

Da die "Certified Testing with Generative AI" (CTFL-GENAI) noch im Beta-Status ist und offizielle Materialien fehlen, können ergänzende Online-Kurse und spezialisierte Trainings eine wertvolle Ergänzung sein, um spezifisches Wissen über Generative KI im Testkontext aufzubauen. Diese Kurse können die Lücke füllen, bis die offizielle CTFL-GENAI-Zertifizierung vollständig verfügbar ist, und bieten gleichzeitig praktische Fähigkeiten, die über die reine Prüfungsvorbereitung hinausgehen.

* **Allgemeine Generative KI- und Prompt Engineering-Kurse:**
  + Plattformen wie Coursera bieten eine Vielzahl von Kursen an, die sich auf die Grundlagen von Generativer KI und Prompt Engineering konzentrieren. Anbieter wie IBM, Google Cloud, DeepLearning.AI und Vanderbilt University bieten Kurse zu Themen wie "Generative AI: Introduction and Applications", "Generative AI: Prompt Engineering Basics", "Generative AI with Large Language Models" und "Prompt Engineering for ChatGPT" an. Diese Kurse sind besonders relevant, da das Beta-Dokument (GenAI.docx) des Nutzers umfangreiche Abschnitte zu GenAI-Grundlagen und Prompt Engineering enthält. Die Teilnahme an solchen Kursen kann das theoretische und praktische Fundament im Umgang mit LLMs stärken und die Konzepte vertiefen, die für die Anwendung von GenAI im Testen unerlässlich sind.
* **Spezialisierte Generative KI im Softwaretest-Kurse:**
  + Einige Anbieter haben bereits Kurse entwickelt, die sich explizit mit der Anwendung von Generativer KI im Softwaretest befassen, auch wenn sie nicht ISTQB-akkreditiert sind.
    - **Isha Training Solutions:** Bietet einen Kurs "Generative AI in Software Testing: Functional & Automation Testing" an. Dieser Kurs legt einen starken Fokus auf praktische Anwendungen, einschließlich Anforderungsanalyse mit KI-Tools, Testfallerstellung, Automatisierungsskriptentwicklung, Testdatengenerierung und Testumgebungsplanung. Der Kurs behandelt auch GenAI-Grundlagen und Prompt Engineering.
    - **Software Quality Lab Academy (in Partnerschaft mit smartesting):** Bietet das "Accelerate Testing with Generative AI (Practical Training)" an. Dieser Kurs zeichnet sich durch einen hohen Praxisanteil (70%) aus und behandelt die Grundlagen von GenAI im Testen, Prompt Engineering-Techniken, Risikomanagement (Halluzinationen, Bias, Sicherheit, Umwelt) und LLM-basierte Anwendungen wie RAG und LLM-Agenten. Es werden verschiedene LLM-Modelle für praktische Übungen genutzt (z.B. OpenAI, Mistral, Anthropic, Google Gemini).
    - **testRigor:** Bietet eine "Generative AI-Based Testing Certification" an. Diese ist jedoch stark auf das eigene Tool testRigor ausgerichtet und weniger eine allgemeine Zertifizierung im Sinne von ISTQB. Sie kann dennoch nützlich sein, um praktische Erfahrungen mit einem KI-gesteuerten Testwerkzeug zu sammeln.

Diese spezialisierten Kurse bieten praktische, fokussierte Schulungen zu den spezifischen "Generative AI"-Aspekten des Testens. Sie können eine sofortige und relevante Kompetenzerweiterung ermöglichen, selbst wenn sie nicht direkt zu der vom Nutzer genannten ISTQB Beta-Zertifizierung führen.

**3.4 Selbststudium und Community-Ressourcen**

Neben formellen Kursen und offiziellen Syllabi spielen Selbststudium und die Nutzung von Community-Ressourcen eine wichtige Rolle bei der Vorbereitung, insbesondere in einem sich schnell entwickelnden Bereich wie Generativer KI:

* **Selbststudium mit dem Syllabus:** Das sorgfältige Durcharbeiten des offiziellen CT-AI-Syllabus und des vom Nutzer bereitgestellten Beta-Dokuments (GenAI.docx) ist eine grundlegende Methode. Die Inhalte des Beta-Dokuments bieten eine hervorragende thematische Ausrichtung auf die gewünschte Spezialisierung.
* **Praktische Anwendung:** Generative KI ist ein praktisches Feld. Das Experimentieren mit verschiedenen LLMs/SLMs, das Anwenden von Prompt Engineering-Techniken und das Erstellen eigener kleiner Projekte sind entscheidend für den Aufbau echter Kompetenz. Die im Beta-Dokument beschriebenen Konzepte wie Prompt Chaining, Few-Shot Prompting und Meta Prompting sollten aktiv ausprobiert werden.
* **"Dumps" und inoffizielle Studienmaterialien:** Es gibt Anbieter wie ISTQB Guru, die "Dumps" (Sammlungen von Prüfungsfragen und Antworten) und "Self Study Materials" für die CT-AI-Zertifizierung anbieten. Während solche Ressourcen kurzfristig hilfreich sein können, um sich mit dem Prüfungsformat vertraut zu machen, sollte man sich nicht ausschließlich darauf verlassen. Ein tiefes Verständnis der Materie ist für die erfolgreiche Anwendung von GenAI im Testen unerlässlich und kann durch reines Auswendiglernen von "Dumps" nicht erreicht werden. Die Komplexität und der nicht-deterministische Charakter von LLMs erfordern ein nuanciertes Verständnis, das über oberflächliches Wissen hinausgeht.
* **Online-Communities und Foren:** Der Austausch mit anderen Lernenden und Fachleuten in Online-Communities und Foren kann wertvolle Unterstützung bieten. Hier können Fragen gestellt, Erfahrungen geteilt und zusätzliche Lernressourcen entdeckt werden. Für eine Beta-Zertifizierung, bei der offizielle Materialien noch begrenzt sind, kann der Austausch in der Community besonders hilfreich sein, um informelle Informationen und Feedback zu erhalten.

Die folgende Tabelle fasst die verschiedenen Schulungsoptionen zusammen und bewertet deren Nutzen:

**Tabelle 3: Übersicht über empfohlene Schulungsoptionen**

| **Optionstyp** | **Spezifische Beispiele/Anbieter** | **Nutzen** | **Überlegungen/Hinweise** |
| --- | --- | --- | --- |
| **Offizieller ISTQB Syllabus** | ISTQB CT-AI Syllabus | Die maßgebliche Quelle für Prüfungsinhalte und Lernziele. Kostenlos verfügbar. | Erfordert Disziplin und Selbstorganisation. Ergänzung durch weitere Materialien notwendig. |
| **Akkreditierte Trainingsanbieter** | ILX Group , Exactpro | Strukturierte Kurse, erfahrene Trainer, oft inklusive Prüfungsgebühr, garantierte Syllabus-Konformität. | Kostenintensiver. Verfügbarkeit und Termine können variieren. |
| **Ergänzende Online-Kurse (Allgemein GenAI)** | Coursera (IBM, Google, DeepLearning.AI, Vanderbilt) | Aufbau von fundamentalem GenAI- und Prompt Engineering-Wissen. Flexibel und oft kostengünstiger. | Nicht direkt auf ISTQB-Zertifizierungen zugeschnitten. Fokus auf allgemeine KI-Konzepte. |
| **Spezialisierte Online-Kurse (GenAI im Testen)** | Isha Training Solutions , Software Quality Lab Academy | Direkte Anwendung von GenAI im Softwaretest, praktische Übungen, branchenrelevante Inhalte. | Nicht ISTQB-akkreditiert. Fokus kann variieren (z.B. tool-spezifisch wie testRigor ). |
| **Selbststudium mit Beta-Dokument** | GenAI.docx | Direkte Vorbereitung auf die zukünftige CTFL-GENAI, wertvolle thematische Ausrichtung. | Unvollständig, keine offizielle Prüfung in diesem Status. Muss durch andere Quellen ergänzt werden. |
| **"Dumps" und inoffizielle Materialien** | ISTQB Guru | Kann zur Prüfungssimulation und zum Kennenlernen des Frageformats dienen. | Nicht für tiefes Verständnis geeignet. Risiko veralteter oder falscher Informationen. |
| **Online-Communities/Foren** | ExamTopics Forum | Austausch mit Gleichgesinnten, Klärung von Fragen, informelle Lernressourcen. | Qualität der Informationen kann variieren. Keine strukturierte Lernumgebung. |

Diese Tabelle bietet eine klare, umsetzbare Zusammenfassung der verschiedenen Studienwege, ihrer Vor- und Nachteile sowie spezifischer Beispiele. Sie hilft dem Lernenden, die verschiedenen Optionen zu überblicken und eine maßgeschneiderte Lernstrategie zu entwickeln.

# 4. Empfohlene Strategie und Fazit

Angesichts des Beta-Status der "Certified Testing with Generative AI" (CTFL-GENAI) und der umfassenden Abdeckung relevanter Themen durch die bereits etablierte ISTQB Certified Tester AI Testing (CT-AI) Zertifizierung, wird eine mehrstufige Strategie empfohlen, um hochwertige Schulungsunterlagen zu erhalten und sich auf die Zukunft des Testens mit GenAI vorzubereiten.

**1. Priorisieren Sie die ISTQB CT-AI Zertifizierung als ersten offiziellen Schritt:** Die ISTQB CT-AI ist die aktuell praktikabelste und umfassendste offizielle Zertifizierung, die das Testen von KI-basierten Systemen und die Nutzung von KI im Testprozess abdeckt. Da die CTFL-GENAI noch im Beta-Status ist und keine offiziellen Lernmaterialien oder Prüfungen verfügbar sind, bietet die CT-AI einen sofortigen und anerkannten Weg, um Kompetenzen im Bereich KI-Testen zu validieren. Es ist wichtig zu beachten, dass das Certified Tester Foundation Level (CTFL) Zertifikat eine Voraussetzung für die CT-AI ist.

**2. Nutzen Sie das Beta-Dokument (GenAI.docx) als wertvolle Ergänzung:** Das vom Nutzer bereitgestellte Beta-Dokument ist thematisch sehr eng mit den "Using AI for Testing"-Abschnitten der CT-AI-Zertifizierung verbunden und vertieft diese Aspekte erheblich. Es kann als eine ausgezeichnete Vorschau auf die Inhalte der zukünftigen CTFL-GENAI dienen und sollte aktiv in die Studienstrategie für die CT-AI integriert werden. Die detaillierten Erklärungen zu Prompt Engineering, Risikomanagement und LLM-Infrastrukturen im Beta-Dokument sind direkt anwendbar und erweitern das Wissen über den Kern-CT-AI-Syllabus hinaus.

**3. Kombinieren Sie offizielle und ergänzende Lernressourcen:**

* **Offizielle CT-AI-Materialien:** Beginnen Sie mit dem offiziellen CT-AI-Syllabus und den verfügbaren Beispielprüfungen, um eine solide Grundlage zu schaffen und sich auf die Prüfung vorzubereiten.
* **Akkreditierte Trainings:** Erwägen Sie die Teilnahme an einem akkreditierten CT-AI-Kurs von Anbietern wie ILX Group oder Exactpro. Diese Kurse bieten eine strukturierte Lernumgebung und direkten Zugang zu Experten.
* **Spezialisierte GenAI-Kurse:** Ergänzen Sie Ihr Wissen durch spezialisierte Online-Kurse, die sich auf Generative KI und Prompt Engineering konzentrieren, auch wenn sie nicht ISTQB-akkreditiert sind.1Diese Kurse, wie die von Isha Training Solutions oder Software Quality Lab Academy, bieten praktische Einblicke und Fähigkeiten im Umgang mit GenAI im Softwaretest, die über das rein theoretische Wissen hinausgehen.

**4. Praktische Anwendung und kontinuierliches Lernen:** Der Bereich Generative KI entwickelt sich rasant. Über die reine Zertifizierung hinaus ist es entscheidend, praktische Erfahrungen zu sammeln. Experimentieren Sie aktiv mit verschiedenen LLMs, wenden Sie Prompt Engineering-Techniken an und integrieren Sie GenAI-Tools in Ihre täglichen Testaufgaben. Der Aufbau von Fähigkeiten in Testteams durch praktische Ansätze und den Austausch innerhalb der Organisation ist unerlässlich.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die beste Option für den Erwerb hochwertiger Schulungsunterlagen für "Certified Testing with Generative AI" derzeit darin besteht, sich auf die etablierte ISTQB Certified Tester AI Testing (CT-AI) Zertifizierung zu konzentrieren und gleichzeitig das vorliegende Beta-Dokument sowie spezialisierte Online-Kurse zu Generativer KI im Testen als wertvolle Ergänzung zu nutzen. Diese hybride Strategie ermöglicht es, ein fundiertes und praxisrelevantes Fachwissen aufzubauen, das sowohl die aktuellen Anforderungen des Marktes erfüllt als auch auf die zukünftige Entwicklung von Zertifizierungen im Bereich Generativer KI im Softwaretest vorbereitet.

# Kapitel 1: Einführung in Generative KI für Softwaretests

Dieses Kapitel führt in die Grundlagen von Large Language Models (LLMs) ein, einschließlich Tokenisierung und multimodaler Fähigkeiten. Der Tester erforscht Anwendungen von generativer KI (GenAI) im Softwaretest, unterscheidet zwischen KI-Chatbots und LLM-gestützten Testwerkzeugen und experimentiert mit Tokenisierung, Kontextfenstern und multimodalen Prompts.

**1.1 Grundlagen und Schlüsselkonzepte der Generativen KI**

Generative Künstliche Intelligenz (GenAI) ist ein Zweig der künstlichen Intelligenz, der große, vortrainierte Modelle verwendet, um menschenähnliche Ausgaben wie Text, Bilder oder Code zu erzeugen. Large Language Models (LLMs) sind GenAI-Modelle, die auf großen Textdatensätzen vortrainiert sind, was es ihnen ermöglicht, den Kontext zu bestimmen und relevante Antworten auf Benutzeranfragen zu geben.

Schlüsselkonzepte umfassen Tokenisierung (das Aufteilen von Text in Einheiten zur effizienten Verarbeitung), Kontextfenster (Begrenzung der gleichzeitig berücksichtigten Informationsmenge zur Aufrechterhaltung der Relevanz) und multimodale Modelle (fähig zur Verarbeitung mehrerer Datentypen wie Text, Bilder und Audio für reichhaltige Interaktionen).

Im Softwaretest können diese LLMs Aufgaben unterstützen wie die Überprüfung und Verbesserung von Akzeptanzkriterien, die Erstellung von Testfällen oder Testskripten, die Identifizierung potenzieller Fehler, die Analyse von Fehlermustern, die Erzeugung synthetischer Testdaten oder die Unterstützung bei der Dokumentationserstellung über den gesamten Testprozess hinweg.

**1.1.1 KI-Spektrum: Symbolische KI, Klassisches Maschinelles Lernen, Deep Learning und GenAI**

* **Symbolische KI:** Verwendet ein regelbasiertes System, um menschliche Entscheidungsfindung nachzuahmen.
* **Klassisches Maschinelles Lernen:** Ein datengesteuerter Ansatz, der Datenvorbereitung, Merkmalsauswahl und Modelltraining erfordert und für Aufgaben wie Fehlerkategorisierung und Vorhersage von Softwareproblemen verwendet werden kann.
* **Deep Learning:** Verwendet neuronale Netze, um automatisch Merkmale aus Daten zu lernen und Muster in sehr großen und komplexen Datensätzen zu finden.
* **Generative KI:** Verwendet Deep-Learning-Techniken, um neue Daten zu erstellen, indem sie Muster aus ihren Trainingsdaten lernt und nachahmt.

**1.1.2 Grundlagen der Generativen KI und LLMs**

LLMs basieren auf dem "Generative Pre-trained Transformer"-Deep-Learning-Modell und werden auf sehr großen Datensätzen trainiert. Sie verarbeiten Sprache durch Tokenisierung (Aufteilen von Text in kleinere Einheiten) und Embeddings (Vektor-Repräsentationen dieser Einheiten). Das Transformer-Modell verarbeitet den Kontext umfangreicher Textsequenzen, um zu lernen, wie Tokens zusammenhängen, und kann so kohärenten, kontextuell angemessenen Text generieren. LLMs zeigen ein nicht-deterministisches Verhalten aufgrund probabilistischer Inferenzmechanismen. Das "Kontextfenster" bezieht sich auf die Menge an vorangehendem Text (in Tokens), die das Modell bei der Generierung von Antworten berücksichtigen kann.

**1.1.3 Foundation-, Instruction-Tuned- und Reasoning-LLMs**

* **Foundation LLMs:** Groß angelegte GenAI-Modelle, die auf umfangreichen Datensätzen trainiert sind und als vielseitige Plattformen dienen.
* **Instruction-Tuned LLMs:** Angepasste Versionen von Foundation-Modellen, die speziell darauf optimiert sind, auf explizite menschliche Anweisungen zu reagieren.
* **Reasoning LLMs:** Bauen auf Instruction-Tuned-Modellen auf, indem sie ihre Fähigkeit verfeinern, menschenähnliche Denkprozesse wie das "Chain-of-Thought"-Denken nachzuahmen.

**1.1.4 Multimodale LLMs und Vision-Language-Modelle**

Multimodale LLMs erweitern das traditionelle Transformer-Modell, um mehrere Datenmodalitäten wie Text, Bilder, Ton und Video zu verarbeiten. Vision-Language-Modelle, eine Untergruppe davon, integrieren speziell visuelle und textuelle Informationen, um Aufgaben wie Bildbeschreibung, visuelle Fragenbeantwortung und die Analyse der Konsistenz zwischen textuellen und visuellen Eingaben durchzuführen. Im Softwaretest können sie visuelle Elemente von Anwendungen wie Screenshots und GUI-Wireframes zusammen mit zugehörigen Textbeschreibungen analysieren.

**1.2 Nutzung von Generativer KI im Softwaretest: Kernprinzipien**

LLMs zeichnen sich durch die Verarbeitung von natürlicher Sprache und Code, die Generierung von kohärentem Text und Code, die Beantwortung von Fragen, die Zusammenfassung von Informationen, die Übersetzung von Sprachen und die Analyse von Bildern in einem multimodalen Kontext aus. Testfachleute können GenAI auf zwei komplementäre Weisen nutzen: durch GenAI-Chatbots und durch LLM-gestützte Anwendungen, die in Testwerkzeuge integriert sind.

**1.2.1 Wichtige LLM-Fähigkeiten für Testaufgaben**

* **Anforderungsanalyse und -verbesserung:** Identifizierung von Unklarheiten, Inkonsistenzen oder fehlenden Informationen.
* **Unterstützung bei der Testfallerstellung:** Generierung von Testfällen und Testzielen basierend auf Anforderungen.
* **Testorakel-Generierung:** Erstellung von erwarteten Ergebnissen.
* **Testdatengenerierung:** Erzeugung von Datensätzen und Grenzwerten.
* **Unterstützung der Testautomatisierung:** Generierung und Verbesserung von Testskripten.
* **Analyse von Testergebnissen:** Erstellung von Zusammenfassungen und Klassifizierung nach Schweregrad.
* **Erstellung von Test-Artefakten:** Erstellung von Testplänen, Testberichten und Fehlerberichten.

**1.2.2 KI-Chatbots und LLM-gestützte Testanwendungen für Softwaretests**

KI-Chatbots bieten eine konversationelle Schnittstelle für Tester, um mit LLMs zu interagieren. LLM-gestützte Testanwendungen führen spezifische Testaufgaben über APIs des LLM aus und bieten mehr Flexibilität und Konfigurierbarkeit. Unabhängig vom gewählten Interaktionsmodell erfordert eine erfolgreiche Implementierung robuste Prompt-Engineering-Praktiken.

# Kapitel 2: Prompt-Engineering für effektives Software-testen

Dieses Kapitel lehrt, wie man effektive, strukturierte Prompts für GenAI im Softwaretest erstellt. Der Tester sammelt praktische Erfahrungen mit Prompt-Engineering-Techniken für Softwaretestaufgaben und wendet diese an.

**2.1 Effektive Prompt-Entwicklung**

Ein strukturierter Prompt enthält verschiedene Komponenten, und verschiedene Prompt-Engineering-Techniken verbessern die Effektivität von Prompts bei Softwaretestbedingungen.

**2.1.1 Struktur von Prompts für Generative KI im Softwaretest**

Ein strukturierter Prompt für Softwaretests umfasst typischerweise sechs Komponenten:

* **Rolle:** Definiert die Perspektive oder Persona, die das GenAI-Modell einnehmen soll.
* **Kontext:** Liefert die Hintergrundinformationen, die das Modell benötigt.
* **Anweisung:** Umreißt die spezifische Aufgabe, die ausgeführt werden soll.
* **Eingabedaten:** Alle Informationen oder Artefakte, die zur Durchführung der Aufgabe benötigt werden.
* **Einschränkungen:** Alle Restriktionen oder besonderen Überlegungen, die das LLM beachten sollte.
* **Ausgabeformat:** Gibt das erwartete Format, die Struktur oder die Eigenschaften der Antwort an.

**2.1.2 Kern-Prompting-Techniken für Softwaretests**

Drei Kern-Prompting-Techniken werden häufig für Testaufgaben mit GenAI verwendet:

* **Prompt Chaining:** Zerlegt eine Aufgabe in eine Reihe von Zwischenschritten (mehrere Prompts).
* **Few-Shot Prompting:** Gibt dem LLM Beispiele im Prompt, um das gewünschte Ergebnis zu demonstrieren (Zero-Shot, One-Shot, Few-Shot).
* **Meta Prompting:** Nutzt die Fähigkeit der KI, ihre eigenen Prompts zu generieren oder zu verfeinern.

**2.1.3 System-Prompt und User-Prompt**

* **System-Prompt:** Ein vordefinierter Anweisungssatz, der das allgemeine Verhalten des LLM definiert und normalerweise für den Endbenutzer nicht sichtbar ist.
* **User-Prompt:** Die tatsächliche Eingabe oder Frage des Benutzers, die sich bei jeder Interaktion ändert.

**2.2 Anwendung von Prompt-Engineering-Techniken auf Softwaretestaufgaben**

Die Anwendung von Prompt-Engineering-Techniken auf das Softwaretesten ermöglicht es GenAI, Testaufgaben wie Testanalyse, Testdesign, Testautomatisierung, Testfallpriorisierung, Fehlererkennung, Abdeckungsanalyse sowie Testüberwachung und -steuerung zu unterstützen.

**2.2.1 Testanalyse mit Generativer KI**

GenAI kann Testanalyseaufgaben unterstützen, indem es Testbedingungen generiert und priorisiert, Fehler in der Testbasis identifiziert und eine Abdeckungsanalyse durchführt.

**2.2.2 Testdesign und Testimplementierung mit Generativer KI**

GenAI kann diese große Gruppe von Testaktivitäten erheblich unterstützen, indem es bei der Erstellung und Bewertung verschiedener Test-Artefakte hilft, einschließlich Testfällen, Testdaten, Testskripten und Testumgebungen.

**2.2.3 Automatisierte Regressionstests mit Generativer KI**

GenAI kann diesen Prozess rationalisieren, indem es bei der Erstellung, Wartung und Optimierung von automatisierten Regressionstest-Suiten hilft. Durch dynamische Anpassung an Codebasis-Änderungen und Durchführung von Auswirkungsanalysen kann GenAI identifizieren, welche Bereiche der Software am wahrscheinlichsten von jüngsten Änderungen betroffen sind.

**2.2.4 Testüberwachung und -steuerung mit Generativer KI**

GenAI erleichtert eine Reihe von Testüberwachungs- und -steuerungsaktivitäten, einschließlich Echtzeit-Testüberwachung und Metrikanalyse, Teststeuerung sowie Einblicke in den Testabschluss und kontinuierliches Lernen.

**2.2.5 Auswahl von Prompting-Techniken für Softwaretests**

Die Eignung der drei Prompting-Techniken hängt von den Merkmalen der Testaufgabe ab:

* **Prompt Chaining:** Komplexe Aufgaben, die Präzision mit menschlicher Überprüfung erfordern.
* **Few-Shot Prompting:** Repetitive Aufgaben oder Aufgaben mit spezifischem/eingeschränktem Ausgabeformat.
* **Meta Prompting:** Flexible, dynamische Aufgaben, nützlich für die Erstellung von Prompts für neue Aufgaben.

**2.3 Bewertung der Ergebnisse von Generativer KI und Verfeinerung von Prompts für Softwaretestaufgaben**

Die Bewertung der Leistung von GenAI im Softwaretest erfordert einen klaren Satz von Metriken, um die Qualität, Relevanz und Effektivität der generierten Ausgaben zu bewerten.

**2.3.1 Metriken zur Bewertung der Ergebnisse von Generativer KI bei Testaufgaben**

Metriken umfassen Genauigkeit, Präzision, Wiederaufruf (Recall), Relevanz, Vielfalt, Erfolgsrate der Ausführung und Zeiteffizienz.

**2.3.2 Techniken zur Bewertung und iterativen Verfeinerung von Prompts**

Techniken umfassen iterative Prompt-Modifikation, A/B-Tests von Prompts, Fehleranalyse und die Integration von Benutzerfeedback.

# Kapitel 3: Management von Risiken der Generativen KI im Softwaretest

Dieses Kapitel behandelt die Identifizierung und Minderung von Halluzinationen, Denkfehlern und Verzerrungen (Biases) beim Testen mit GenAI. Es befasst sich auch mit Datenschutz- und Sicherheitsfragen, dem Energieverbrauch und den Umweltauswirkungen sowie mit KI-Vorschriften, Standards und Best Practices.

**3.1 Halluzinationen, Denkfehler und Verzerrungen**

GenAI-Systeme sind anfällig für Halluzinationen (sachlich falsche, aber plausible Ausgaben), Denkfehler (Fehlinterpretation logischer Strukturen) und Verzerrungen (Bevorzugung bestimmter Informationen aufgrund von Trainingsdaten).

**3.1.1 Halluzinationen, Denkfehler und Verzerrungen in Generativer KI**

* **Halluzinationen:** Können zu fiktiven Testfällen oder falschen Testskripten führen.
* **Denkfehler:** Treten auf, wenn LLMs logische Strukturen wie Ursache-Wirkungs-Beziehungen falsch interpretieren.
* **Verzerrungen (Biases):** Stammen aus den Trainingsdaten und können die LLM-Antworten beeinflussen.

**3.1.2 Analyse von Halluzinationen, Denkfehlern und Verzerrungen in LLM-Ausgaben**

Die Erkennung erfordert Überprüfung und automatisierte Verifizierung, einschließlich Gegenprüfung mit vorhandener Dokumentation, Konsultation von Fachexperten, Konsistenzprüfungen und logischer Validierung.

**3.1.3 Minderungstechniken für Halluzinationen, Denkfehler und Verzerrungen bei Softwaretestaufgaben**

Zu den wichtigsten Techniken gehören die Bereitstellung eines vollständigen Kontexts, die Aufteilung komplexer Prompts, die Verwendung klarer Datenformate, die Auswahl des geeigneten GenAI-Modells und der Vergleich der Ergebnisse verschiedener Modelle.

**3.1.4 Minderung des nicht-deterministischen Verhaltens von LLMs**

Während vollständige Reproduzierbarkeit nicht garantiert werden kann, können Strategien wie die Anpassung der "Temperatur"-Einstellungen des LLM und das Setzen von Zufalls-Seeds helfen, die Variabilität zu reduzieren.

**3.2 Datenschutz- und Sicherheitsrisiken von Generativer KI im Softwaretest**

GenAI im Testen birgt Risiken in Bezug auf Datenschutz und Sicherheit aufgrund des Umgangs mit sensiblen Informationen und potenziellen Schwachstellen in LLM-gestützten Testinfrastrukturen.

**3.2.1 Datenschutz- und Sicherheitsrisiken bei der Verwendung von Generativer KI**

Zu den Bedenken gehören unbeabsichtigte Datenexposition, mangelnde Kontrolle über die Datennutzung und Compliance-Risiken (z. B. DSGVO). Sicherheitsrisiken umfassen Schwachstellen in der Testinfrastruktur und böswillige Angriffe.

**3.2.2 Datenschutz und Schwachstellen in Generativer KI für Testprozesse und -werkzeuge**

Angriffsvektoren umfassen Datenexfiltration, Anforderungsmanipulation, Datenvergiftung und die Generierung von bösartigem Code.

**3.2.3 Minderungsstrategien zum Schutz der Privatsphäre und zur Erhöhung der Sicherheit**

Organisationen sollten robuste Datenschutzmaßnahmen implementieren, einschließlich Datenminimierung, Anonymisierung, sichere Datenspeicherung und Mitarbeiterschulung.

**3.3 Energieverbrauch und Umweltauswirkungen von Generativer KI im Softwaretest**

Training und Verarbeitung von LLMs erfordern eine intensive Nutzung von Rechenressourcen, was zu einem hohen Energieverbrauch und CO₂-Emissionen führt.

**3.3.1 Die Auswirkungen der Nutzung von GenAI auf den Energieverbrauch und die CO₂-Emissionen**

Die Komplexität der Aufgabe und die erforderlichen Rechenressourcen beeinflussen den Energieverbrauch drastisch. Die kumulative Wirkung über Millionen von Benutzern weltweit führt zu einer erheblichen Umweltbelastung.

**3.4 KI-Vorschriften, Standards und Best-Practice-Frameworks**

Die Bewältigung von Risiken sollte allgemeine Vorschriften, Standards und Best-Practice-Frameworks für KI berücksichtigen.

**3.4.1 Relevante KI-Vorschriften, Standards und Frameworks für GenAI im Softwaretest**

Wichtige Richtlinien umfassen ISO/IEC 42001:2023, ISO/IEC 23053:2022, den EU AI Act und das NIST AI Risk Management Framework.

# Kapitel 4: LLM-gestützte Testinfrastruktur für Software-tests

Dieses Kapitel untersucht GenAI-Architekturen wie Retrieval-Augmented Generation (RAG) und GenAI-Agenten. Der Tester lernt den Prozess zur Feinabstimmung von LLMs für Softwaretestaufgaben und die Konzepte von Large Language Model Operations (LLMOps).

**4.1 Architektonische Ansätze für LLM-gestützte Testinfrastruktur**

Über die grundlegende Architektur hinaus erweitern RAG und LLM-gestützte Agentenarchitekturen die Funktionalität der Verwendung von LLMs im Softwaretest.

**4.1.1 Wichtige architektonische Komponenten und Konzepte**

Eine LLM-gestützte Testinfrastruktur integriert ein LLM in den Softwaretestprozess. Die typische Architektur umfasst Frontend- und Backend-Komponenten sowie externe Datenquellen und ein integriertes LLM. Das Backend integriert mehrere Datenquellen wie relationale Datenbanken und Vektordatenbanken.

**4.1.2 Retrieval-Augmented Generation (RAG)**

RAG verbessert LLMs, indem es zusätzliche Datenquellen in ihren Antwortgenerierungsprozess einbezieht und so die Relevanz und Genauigkeit ihrer Ausgaben erhöht. Im Softwaretest ermöglicht RAG den Zugriff auf Unternehmensdatenquellen in Echtzeit.

**4.1.3 Die Rolle von LLM-gestützten Agenten bei der Automatisierung von Testprozessen**

LLM-gestützte Agenten sind spezialisierte GenAI-Anwendungen, die für die semi-autonome oder autonome Verarbeitung definierter Aufgaben konzipiert sind. Im Gegensatz zu Chatbots können sie Aufgaben ausführen, indem sie vordefinierte Funktionen ("Tools") aufrufen.

**4.2 Feinabstimmung und LLMOps: Operationalisierung von Generativer KI für Softwaretests**

Zwei wichtige Praktiken zur Operationalisierung sind die Feinabstimmung von LLMs und die Verwaltung der Betriebspipeline durch LLMOps.

**4.2.1 Feinabstimmung von Sprachmodellen für Testaufgaben**

Die Feinabstimmung passt ein vortrainiertes LLM- oder SLM-Modell an, um spezifische Aufgaben auszuführen oder es an bestimmte Domänen anzupassen. Dies geschieht durch weiteres Training des Modells mit einem gezielten Datensatz.

**4.2.2 LLMOps bei der Bereitstellung und Verwaltung von LLMs für Softwaretests**

LLMOps bezieht sich auf die Praktiken, Werkzeuge und Prozesse zur Rationalisierung der Entwicklung, Bereitstellung und Wartung von LLMs in Produktionsumgebungen.

# Kapitel 5: Einsatz und Integration von Generativer KI in Testorganisationen

Dieses Kapitel beschreibt eine strukturierte Roadmap zur Integration von GenAI in Testprozesse und die organisatorische Transformation, die dafür erforderlich ist.

**5.1 Roadmap für die Einführung von Generativer KI im Softwaretest**

Eine Teststrategie mit GenAI muss Schlüsselaspekte wie Testziele, LLM-Auswahl, Eingabedaten und Compliance sorgfältig berücksichtigen.

**5.1.1 Risiken von Schatten-KI (Shadow AI)**

Schatten-KI (die Nutzung von KI-Tools ohne formale Genehmigung) kann zu Risiken in Bezug auf Sicherheit, Compliance und Datenschutz führen.

**5.1.2 Schlüsselaspekte einer Generativen KI-Strategie im Softwaretest**

Dies beginnt mit der Definition messbarer Testziele, der Auswahl der richtigen LLMs, der Gewährleistung der Datenqualität und der Bereitstellung umfassender Schulungsprogramme.

**5.1.3 Auswahl von LLMs/SLMs für Softwaretestaufgaben**

Die Auswahl erfordert eine sorgfältige Abwägung mehrerer Kriterien: Modellleistung, Feinabstimmungspotenzial, direkte Kosten sowie Community und Support.

**5.1.4 Phasen bei der Einführung von Generativer KI im Softwaretest**

Die Einführung umfasst drei Phasen:

1. **Entdeckung:** Bewusstsein und Kompetenzaufbau.
2. **Initiierung und Nutzungsdefinition:** Identifizierung und Priorisierung praktischer Anwendungsfälle.
3. **Nutzung und Iteration:** Vollständige Integration von GenAI in die Testprozesse.

**5.2 Veränderungsmanagement bei der Einführung von Generativer KI für Softwaretests**

Eine erfolgreiche Implementierung erfordert einen strukturierten Ansatz für das Veränderungsmanagement.

**5.2.1 Wesentliche Fähigkeiten und Kenntnisse für das Testen mit Generativer KI**

Tester müssen Prompt-Engineering-Techniken beherrschen, Modellkontextfenster verstehen und Testüberprüfungsmethoden entwickeln. Sie müssen Domänen- und Testexpertise mit KI-Fähigkeiten kombinieren.

**5.2.2 Aufbau von Generativen KI-Fähigkeiten in Testteams**

Ein praktischer Ansatz ist unerlässlich, einschließlich des Übens mit verschiedenen LLMs/SLMs, des Befolgens strukturierter Lernpfade und der schrittweisen Entwicklung von Know-how durch Austausch innerhalb der Organisation.

**5.2.3 Entwicklung von Testprozessen in KI-fähigen Testorganisationen**

Die Integration von GenAI transformiert die traditionellen Testprozesse von Testern und Testmanagern. Tester entwickeln sich zu KI-gestützten Testspezialisten. Die Verantwortlichkeiten des Testmanagements werden um die Entwicklung einer KI-basierten Teststrategie und Risikomanagement erweitert.