

Technische Hochschule Köln

Fakultät für Informatik und Ingenieurwissenschaften

P R A X I S P R O J E K T

Effektive CAPTCHAs für Sehbehinderte

Eine Sammlung von CAPTCHA Methoden für Entwickler*innen

Vorgelegt an der TH Köln

Campus Gummersbach

im Studiengang

Medieninformatik

ausgearbeitet von:

NIKLAS MEHLEM

(Matrikelnummer: 11140518)

Betreuer: Prof. Christian Noss

Gummersbach, im Mai 2024

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	2
1 Einleitung	3
2 Recherche	5
2.1 Konventionelle CAPTCHAs	6
2.2 Entwickelte CAPTCHAs	14
3 Konzept & Mock-up	16
4 Implementierung	19
5 Bewertung	20
6 Zusammenfassung und Ausblick	28
7 Quellenverzeichnis	30
Erklärung über die selbständige Abfassung der Arbeit	34

Abbildungsverzeichnis

1	Bilderkennungstest Ansatz von hCaptcha (Screenshot aus hCaptcha, o.D.)	7
2	Gimpy Ansatz von “BotDetect CAPTCHA” (Screenshot aus BotDetect CAPTCHA, o.D.)	7
3	Geräuscherkennungs-Ansatz von “Arkose Labs” (Screenshot aus Arkose Labs, o.D.)	8
4	Beispiel für eine Bongo-Bildergruppe (Screenshot aus The CAPTCHA Project, o.D.)	9
5	Orientierungs-Ansatz von “Arkose Labs” (Screenshot aus Arkose Labs, o.D.)	11
6	Karten Ansatz von “AWS WAF CAPTCHA” (Bild aus Amazon Web Services, o.D.)	11
7	Puzzleteil Ansatz von “Capy Puzzle CAPTCHA” (Screenshot aus Capy, o.D.)	12
8	Slider Ansatz von SliderCaptcha (Screenshot aus ArgoZhang, o.D.)	12
9	Erstes Mock-up der CAPTCHA Sammlung (Eigenes Bild)	16
10	Letzter Entwurf vor der Implementierung (Eigenes Bild)	17
11	Erster commit der Implementierung (Eigenes Bild)	17
12	CAPTCHA Sammlung nach Anpassung der Variablen (Eigenes Bild) . . .	18
13	Finales Design der CAPTCHA Sammlung (Eigenes Bild)	18

1 Einleitung

CAPTCHAs und andere Formen der Bot-Abwehr sind in der heutigen Zeit des Internets für Betreiber von Webseiten und Webdiensten unerlässlich geworden. Im Jahr 2022 betrug der Anteil von Bots 47,4 % am gesamten Netzverkehr, was einem Anstieg von beinahe 5 % im Vergleich zum Vorjahr entsprach (Security Staff, 2023). Im Jahr 2023 stieg der Anteil von Bots im Netzverkehr weiter auf 49,6 % (“2024 Bad Bot Report”, o.D. Bianchi, 2024). Es ist hierbei unerheblich, ob es sich um wohlwollende oder böswillige Bots handelt, Ressourcen werden gleichermaßen beansprucht. Dies kann das Nutzererlebnis verschlechtern, da alle Ressourcen bereits von den Bots aufgebraucht werden, und im schlimmsten Fall so ganze Webseiten lahmlegen. Es gibt viele verschiedene Methoden der Bot-Abwehr. CAPTCHAs gehören dabei zu den einfacheren Lösungsansätzen und können bei verschiedenen Anbietern erworben werden, um die eigene Webseite zu schützen. Auch wenn im Laufe der Zeit erkannt wurde, dass die oft visuellen CAPTCHAs nicht für alle Nutzer*innen geeignet sind, waren die bisherigen Lösungsansätze zur Entwicklung von CAPTCHAs für Menschen mit Sehbehinderung in den meisten Fällen unzureichend. Bevor über einen neuen Ansatz für CAPTCHAs nachgedacht werden kann, ist es wichtig, die bestehenden CAPTCHA-Methoden zu analysieren. Gibt es einen Bedarf für einen neuen Ansatz, oder sind bereits etablierte Methoden vorhanden, die effektiv funktionieren? Existieren Methoden, die derzeit nicht effektiv sind, jedoch mit geringem Aufwand angepasst werden könnten, um für Nutzer*innen mit Sehbehinderung zugänglich zu sein? Da CAPTCHAs einen erheblichen Beitrag zum Nutzererlebnis leisten, wurde beschlossen, eine Sammlung im Format einer Webseite zu entwickeln. Auf dieser Webseite können Entwickler die gesammelten CAPTCHAs selbst erleben, um fundierte Entscheidungen über die Implementierung der verschiedenen Methoden zu treffen. In der Sammlung wurden sowohl konventionelle CAPTCHAs von Anbietern aufgenommen als auch Ansätze aus wissenschaftlichen Arbeiten, die speziell für Nutzer*innen mit Sehbehinderung entwickelt wurden.

Die Reihenfolge der Kapitel entspricht derjenigen, in der die Inhalte behandelt wurden. Im Recherche-Schritt wurde angestrebt, möglichst viele CAPTCHA-Methoden zu identifizieren und zu dokumentieren. Dabei wurden auch gezielt Methoden berücksichtigt, die heutzutage nicht mehr verwendet werden. Das Ziel besteht darin, Entwicklern die verschiedenen Methoden vorzuführen und sie in einigen Fällen durch Anregungen bei der Entwicklung eigener Ansätze zu inspirieren und so zu unterstützen. In den Kapiteln “Konzept & Mock-up” sowie “Implementierung” werden die Planung, Entwicklung und Implementierung der Sammlung dokumentiert und beschrieben. Nachdem alle Ansätze recherchiert und deren Demos implementiert wurden, erfolgte der nächste Schritt: die Bewertung der CAPTCHAs. Um den Umfang des Praxisprojekts nicht unnötig zu erweitern, konzentrierte sich die Bewertung hauptsächlich auf das Nutzererlebnis von Nut-

zer*innen mit Sehbehinderung. Zur Vollständigkeit wurden bei einigen Ansätzen positive oder negative Punkte hinzugefügt, sofern diese leicht erkennbar oder bewertbar waren. Im Kapitel “Zusammenfassung und Ausblick” werden die zwei am häufigsten vertretenen Ansätze der heutigen CAPTCHAs aufgezeigt. Die meisten Anbieter nutzen CAPTCHAs der ‘Invisible’-Gruppe, während CAPTCHAs aus wissenschaftlichen Arbeiten meist Kombinationen aus mehreren CAPTCHA-Methoden sind. Daraus ergibt sich als Möglichkeiten für weitere Arbeiten, einen der beiden Ansätze zu verfolgen und diesen zu verbessern. Genauso stellt sich die Frage, ob CAPTCHAs in ihrem aktuellen Format noch zeitgemäß im heutigen Internet sind und ob es vielleicht nicht an der Zeit ist, das Konzept neu zu denken und an die heutigen Anforderungen anzupassen.

2 Recherche

Im folgenden Text wird auf die verschiedenen Arten von CAPTCHAs eingegangen, die während der Recherche gefunden wurden. Bevor diese in verschiedene Gruppen eingeordnet werden, wird zwischen konventionellen CAPTCHAs und entwickelten CAPTCHAs unterschieden. Konventionelle CAPTCHAs sind jene, die bereits frei verfügbar sind. Entwickelte CAPTCHAs hingegen sind Ergebnisse aus Arbeiten, die sich mit dem Thema der Benutzerfreundlichkeit oder Nutzbarkeit für Sehbehinderte auseinandergesetzt haben. Nach dieser Trennung werden die gefundenen Ansätze in weitere Gruppen aufgeteilt. Hierbei wurde sich an den bereits bestehenden Gruppierungen von CAPTCHAs orientiert (Arkose Labs, 2023; Brodić und Amelio, 2020; Kaur und Behal, 2014; “Captcha”, o.D. Sauer et al., 2008; Shinde und Rath, 2018):

- **Gimpy / Pix:** Dies sind CAPTCHAs, die Bilder verwenden und im Falle von Gimpy auch Optical Character Recognition (OCR) nutzen. Gimpy und Pix werden in den Quellen separat genannt. In dieser Arbeit wurden sie jedoch zusammengefasst, da das Prinzip, dass Nutzer*innen Informationen eines Bildes auswerten und interpretieren müssen, dasselbe bleibt. Gimpy bezeichnet CAPTCHAs, bei denen Nutzer*innen verschwommene Texte oder Buchstaben korrekt identifizieren und angeben müssen. Bei Pix müssen Nutzer*innen Informationen (meist aus verschwommenen) Bildern erkennen und damit die jeweilige CAPTCHA-Aufgabe lösen.
- **Audio / Sound:** Audio- oder auch Sound-CAPTCHAs genannt, nutzen verzerrte Audio-Wiedergaben von Wörtern oder Zeichenfolgen, die eine Hörer*innen erkennen und wiedergeben müssen, um das CAPTCHA zu lösen.
- **Text:** Unter Text-CAPTCHAs werden auch Methoden wie Gimpy gezählt. Im Falle dieser Arbeit sind unter dieser Kategorie CAPTCHAs aufgeführt, die hauptsächlich mit Text arbeiten und keine anderen Medien nutzen.
- **Mathe:** Unabhängig vom verwendeten Medium besteht die gestellte Aufgabe bei Mathe-CAPTCHAs darin, eine einfache Mathematikaufgabe zu lösen.
- **Bongo / Anomalie:** Ein Bongo-CAPTCHA generiert mehrere Bilder, bei denen ein Unterschied gefunden werden muss. In dieser Gruppe sind allgemein CAPTCHA-Methoden gemeint, bei denen eine Anomalie von Nutzer*innen gefunden werden müssen, auch wenn diese ein anderes Medium anstelle einer Gruppe von Bildern nutzen.
- **Video:** Video-CAPTCHAs ähneln den Gimpy- und Pix-Methoden, da auch bei ihnen Informationen innerhalb des Mediums interpretiert und wiedergegeben werden müssen. Dennoch werden sie hier gesondert klassifiziert, da ein bewegendes Bild

ausreichend Unterschied bietet, im Vergleich zu Gimpy und Pix, wo sich lediglich der Inhalt unterscheidet.

- **Puzzle / Game:** Puzzle- oder Game-CAPTCHAs sind Methoden, bei denen ein*e Nutzer*in eine interaktive oder logische Aufgabe lösen muss. Im Falle der interaktiven Game-CAPTCHAs ist das Erkennen der Lösung nicht ausreichend, die Lösung muss ebenfalls erfolgreich umgesetzt werden.
- **Invisible:** Invisible CAPTCHA muss nicht bedeuten, dass kein CAPTCHA zu sehen ist. In dieser Gruppe werden alle Methoden gesammelt, bei denen kaum (z.B. ein einfacher Klick auf einen Button) oder keine Nutzerinteraktion benötigt wird, um diese zu lösen.

2.1 Konventionelle CAPTCHAs

Folgende, bereits existierende CAPTCHAs und Methoden wurden während der Recherche gefunden und einsortiert:

- **Gimpy / Pix:**
 - **Bilderkennungstests:** Bei dieser Methode wird Nutzer*innen eine Sammlung von Bildern vorgesetzt. Ziel ist es, alle Bilder mit einem bestimmten Merkmal zu markieren. Alternativ gibt es auch Ansätze, bei denen ein Bild in mehrere Teile aufgeteilt wird. In diesem Fall besteht die Aufgabe darin, alle Teile auszuwählen, die ein bestimmtes Merkmal teilen. Der Ansatz des Bilderkennungstests ist die am weitesten verbreitete Methode mit vielen Optionen an Anbietern. Er wird von **reCAPTCHA v2** verwendet, in Fällen, in denen der erste Teil des CAPTCHAs nicht erfolgreich bestanden wurde. Google gibt zudem an, die Lösungen von reCAPTCHA zu nutzen, um seine eigenen Dienste wie Google Maps zu verbessern oder Texte aus Büchern zu digitalisieren (“Tough on bots Easy on humans”, o.D.). **hCaptcha** verwendet unter anderem Bilderkennungstests (siehe dazu Abbildung 1). Zusätzlich wird die Möglichkeit angeboten, einen Accessibility-Cookie zu setzen, um barrierearme Versionen von hCaptcha zu erhalten oder das CAPTCHA komplett zu umgehen, je nach Implementierung (“hCaptcha Barrierefreiheit”, o.D.). Manche von **AWS WAF CAPTCHAs** verwendeten visuellen CAPTCHAs nutzen ebenfalls die Methode des Bilderkennungstests. An “Confident Captcha” wird nicht mehr weitergearbeitet, und aus diesem Grund wird es nicht in der Sammlung aufgeführt (“Confident Captchas”, 2021).
 - **Gimpy:** Gimpy CAPTCHAs sind nach dem ersten ihrer Art benannt worden und werden auch als Text-CAPTCHAs bezeichnet. Hierbei wird ein Bild mit

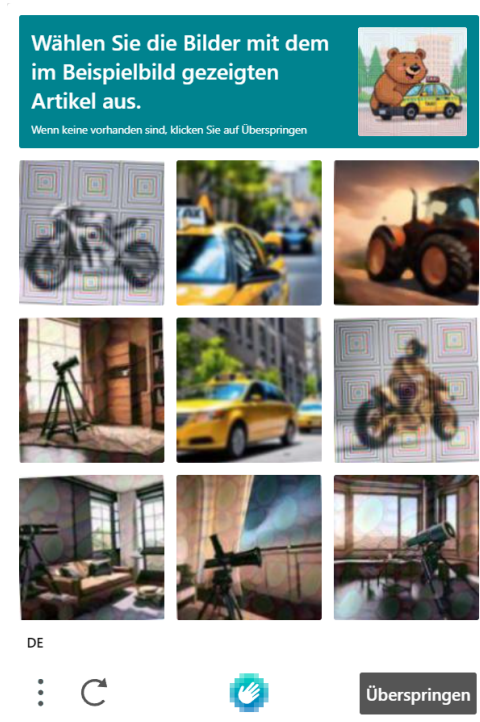


Abbildung 1: Bildererkennungstest Ansatz von hCaptcha (Screenshot aus hCaptcha, o.D.)

verzerrten Zeichen angezeigt, sei dies ein Wort oder eine zufällige Abfolge von Zeichen. Um das CAPTCHA zu lösen, müssen die Zeichen erkannt und korrekt angegeben werden. **BotDetect CAPTCHA** arbeitet ganz nach diesem Format und nutzt lediglich seine eigenen Bilder, ist aber ansonsten identisch zum ursprünglichen Gimpy-Ansatz (siehe dazu Abbildung 2). **CAPTCHA TYPE-INS** von Solve Media haben einen etwas anderen Ansatz. Anstelle von verzerrten Zeichen wird Werbung angezeigt, deren Aussage man eintippen muss. Da “Solve Media” nicht länger existiert, wird es nicht in der Sammlung aufgenommen. Secureimage nutzt ebenfalls die Gimpy-Methode. Da an dem Projekt jedoch nicht mehr weitergearbeitet wird, wird es ebenfalls nicht in die Sammlung aufgenommen (Phillips, 2023).

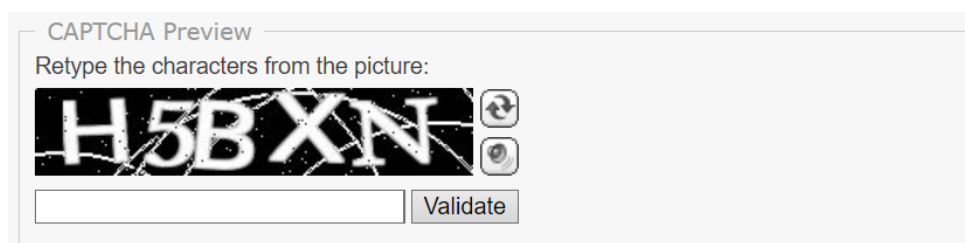


Abbildung 2: Gimpy Ansatz von “BotDetect CAPTCHA” (Screenshot aus BotDetect CAPTCHA, o.D.)

- **Audio / Sound:**

- **Gesprochene Zeichen / Wörter:** Die meisten gefundenen Audio CAPTCHAs nutzen diese Methode. Hierbei spricht eine Stimme eine Reihe von Zeichen oder Wörtern aus. Das Audio ist dabei mit verschiedensten Geräuschen und Effekten verzerrt, um es Bots schwerer zu machen, das Gesprochene zu erkennen. Um das CAPTCHA zu lösen, muss der gesprochene Text verstanden und in ein Feld eingetippt werden. Die Audio-Alternativen von **reCAPTCHA v2**, **hCaptcha** und **BotDetect CAPTCHA** nutzen diese Methode. “BotDetect CAPTCHA” hat zum Beispiel einen Lautsprecher Button, mit dem das CAPTCHA vorgelesen wird (siehe dazu Abbildung 2). Studien haben bereits gezeigt, dass diese Methode in ihrer bisherigen Form nicht gut funktioniert (Alnfai et al., 2022; Bursztein et al., 2010; Schmeelk und Petrie, 2022). So lag die Erfolgsquote von Nutzer*innen mit Sehbehinderung bei CAPTCHAs dieser Methode bei 31-48% (Alnfai et al., 2022; Bursztein et al., 2010; Sauer et al., 2008).
- **Geräuscherkennung:** Ein weiterer Ansatz besteht darin, für ein Audio CAPTCHA Geräusche zu verwenden. Zum Beispiel wird Vogelzwitschern abgespielt, und die Nutzer*innen müssen nun erkennen, zu welchem Tier dieses Geräusch gehört. Die Audio-Version von “Arkose Labs” nutzt diese Methode, indem sie Aufgaben stellt wie: “Welche Option ist das Geräusch einer Katze?”, und dann drei Geräusche hintereinander abspielt (siehe dazu Abbildung 3).

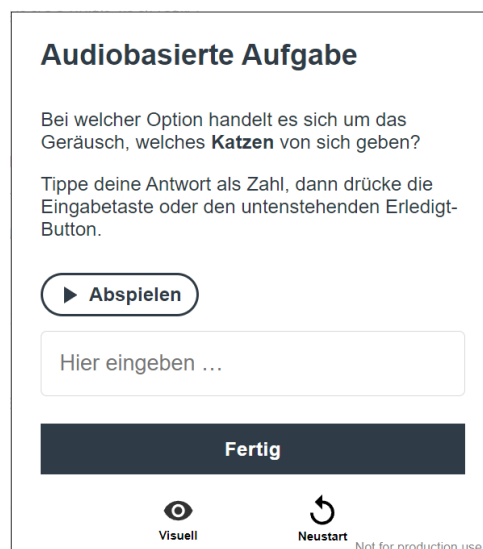


Abbildung 3: Geräuscherkennungs-Ansatz von “Arkose Labs” (Screenshot aus Arkose Labs, o.D.)

- **Text:**

- **Text:** Nicht zu verwechseln mit der Gimpy-Methode. Bei dieser Methode erhalten Nutzer*innen eine Frage im Textformat, zum Beispiel: “Wenn morgen

Samstag ist, welcher Tag ist heute?“. Diese Frage muss nun per Texteingabe beantwortet werden. Für Bots liegt das Problem darin, die Logik der Frage zu erkennen, wodurch die Frage für Nutzer*innen leicht erkennbar bleiben kann. Durch das Textformat ist es auch möglich, Hilfsmittel wie Screenreader zu verwenden, um Nutzer*innen mit Sehbehinderung beim Verstehen und Lösen des CAPTCHAs zu unterstützen. **TextCaptcha** nutzt ausschließlich diese Methode für seine CAPTCHAs.

- **Mathe:**

- **Mathe:** Die Aufgabe bei dieser Methode besteht darin, eine einfache Mathematikaufgabe zu lösen. Aufgaben können dabei so einfach sein wie: “ $9 + 11 = ?$ “. Auch können mathematische Aufgaben im Bildformat, ähnlich wie bei der Gimpy-Methode, als Audio oder im Textformat umgesetzt werden. **MathGuard** verwendet in seinem Ansatz das Textformat. Da “EasyCalcCheck Captcha” das EOL (End of Life) erreicht hat, wird es nicht in dieser Sammlung aufgeführt (Vogel, 2022).

- **Bongo / Anomalie:**

- **Bongo:** Bei der Bongo-Methode werden Nutzer*innen zwei Gruppen von Bildern gezeigt, die sich in einem Merkmal voneinander unterscheiden (siehe dazu Abbildung 4). Danach werden weitere Bilder angezeigt. Nun muss entschieden werden, welche der Bilder zu einer bestimmten Gruppe gehören. Leider konnte kein aktuelles CAPTCHA gefunden werden, das diese Methode noch nutzt. So berichten lediglich Archiv-Einträge von der Existenz von Bongo-CAPTCHAs (“Bongo”, o.D.).

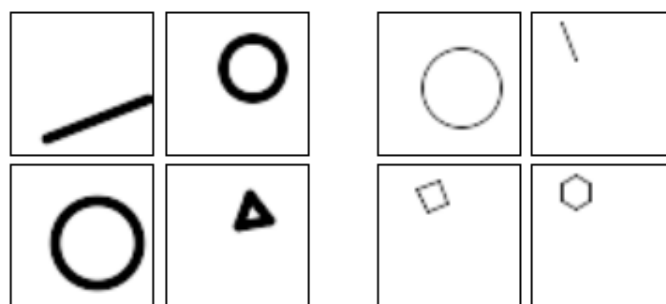


Abbildung 4: Beispiel für eine Bongo-Bildergruppe (Screenshot aus The CAPTCHA Project, o.D.)

- **Video:**

- **Video Gimpy:** Da die Aufgabe bei dieser Methode darin besteht, einen (bewegten) Text innerhalb eines Videos zu erkennen, wurde diese Methode innerhalb dieser Arbeit nach der Gimpy-Methode benannt. Wie bei der Gimpy-Methode muss der Text erkannt und eingegeben werden, um das CAPTCHA zu lösen. **NuCaptcha** verwendete in der Vergangenheit diese Methode (“Nu-captcha in der Praxis - Werbung mit Sicherheitsabfrage”, 2010). Heutzutage ist NuCaptcha nicht mehr als einzelnes CAPTCHA erwerbbar, die Methode wurde jedoch der Vollständigkeit halber in der Sammlung aufgeführt.
- **TYPE-IN:** Die **Pre-Roll TYPE-IN** von “Solve Media” sind der Video-Gimpy-Methode sehr ähnlich. Den Nutzer*innen wird ein Werbevideo gezeigt, bei denen sie die Kernaussage der Werbung eintippen müssen. Je nach Werbevideo bewegt sich der Text, der eingegeben werden muss, nicht, ist klar und kann sich auch abseits des eigentlichen Hauptvideos befinden. Da sich die Methode der Video-Gimpy-Methode so sehr ähnelt, wurde sie nicht zusätzlich in der Sammlung aufgenommen, da “Solve Media” nicht mehr zu existieren scheint.
- **Puzzle / Game:**
 - **Orientierung:** Die Aufgabe dieser Methode besteht darin, einen Gegenstand oder einen Blickwinkel so auszurichten, dass das geforderte Ergebnis erzielt wird. Die Ansätze für diese Methode können sich dabei untereinander unterscheiden, aber das Grundprinzip bleibt gleich: Nutzer*innen müssen die visuellen Informationen und die Aufgabe verstehen, um das CAPTCHA zu lösen. Der Ansatz von **Arkose Labs** zeigt zwei Bilder. Die Aufgabe besteht darin, den Gegenstand im zweiten Bild so auszurichten, dass er genau wie der Gegenstand aus dem ersten Bild positioniert ist (siehe dazu Abbildung 5).
 - **Karten:** Dies ist eine von **AWS WAF CAPTCHAs** verwendete visuelle Methode. Nutzer*innen bekommen eine fiktive 3D-Stadtkarte angezeigt, auf der ein eingezeichneter Pfad dargestellt ist. An einem Ende befindet sich ein Auto-Symbol, und die Aufgabe besteht darin, das andere Ende des Pfades zu markieren (siehe dazu Abbildung 6).
 - **Puzzleteil:** Bei dieser Methode wird ein Bild gezeigt, dem ein Teil fehlt. Die Aufgabe besteht darin, das fehlende Teil per Drag & Drop zu ergänzen. Dabei gibt es nur ein Teil zur Auswahl (siehe dazu Abbildung 7). Ein Bot wird bei dieser Methode über das Nutzerverhalten erkannt. Verwendet wird diese Methode von **Capy Puzzle CAPTCHA**.

Ein Ansatz für diese Methode ist auch als “Slider CAPTCHA” bekannt. Dieser Ansatz unterscheidet sich darin, dass das Puzzleteil anstatt frei bewegbar nur über einen Slider bewegt werden kann (siehe dazu Abbildung 8).



Abbildung 5: Orientierungs-Ansatz von “Arkose Labs” (Screenshot aus Arkose Labs, o.D.)

Solve the puzzle

Place a dot at the end of the car's path

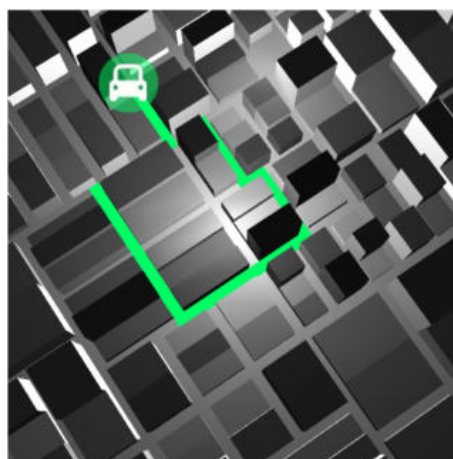


Abbildung 6: Karten Ansatz von “AWS WAF CAPTCHA” (Bild aus Amazon Web Services, o.D.)



Abbildung 7: Puzzleteil Ansatz von “Capy Puzzle CAPTCHA” (Screenshot aus Capy, o.D.)

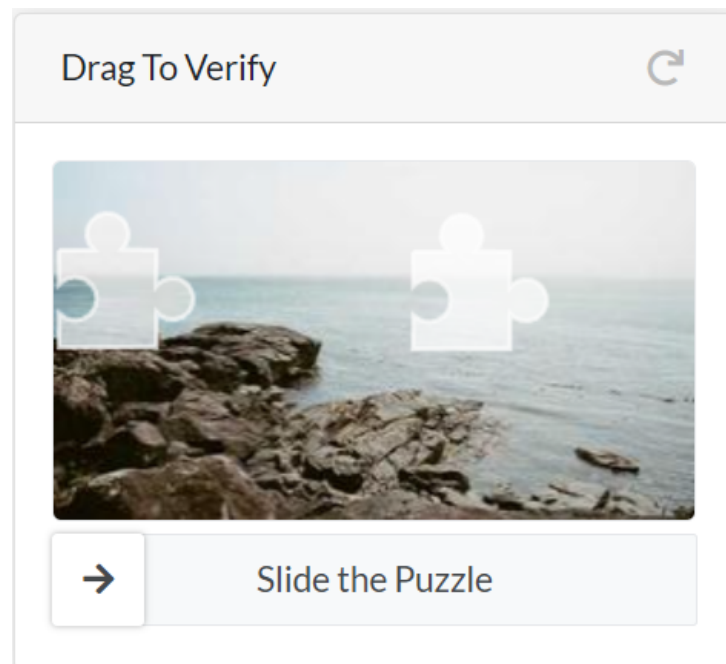


Abbildung 8: Slider Ansatz von SliderCaptcha (Screenshot aus ArgoZhang, o.D.)

- **Paar:** Diese Methode ähnelt dem Puzzle-Teil, da auch hier Elemente per Drag & Drop bewegt werden. Nutzer*innen haben dabei mehrere Objekte zur Auswahl und ein weiteres festes Objekt. Die Aufgabe besteht darin, den passenden auswählbaren Gegenstand auf das feste Objekt zu bewegen. Ein Dienst, der diese Methode angewendet hat, war “Sweet Captcha”. Da jedoch “Sweet Captcha” nachweislich Malware im Code enthält, wird es in dieser Sammlung nicht aufgeführt (Miller, 2018; Sinegubko, 2015).

- **Invisible:**

- **Nutzerverhalten:** Bei dieser Methode wertet das CAPTCHA das Verhalten der Nutzer*innen aus. Ein Ansatz besteht darin, das Verhalten der Nutzer*innen direkt auf der Seite zu beobachten. Die andere Möglichkeit wäre, mit Cookies zu arbeiten und den Verlauf der Nutzer*innen zu untersuchen. Es ist auch möglich, beide Ansätze miteinander zu kombinieren, um eine bessere Genauigkeit zu erzielen. Gerade letzterer Ansatz könnte je nach Implementierung nicht mit der DSGVO vereinbar sein. Auch wenn der Ansatz korrekt implementiert wird, greift man weiter in die Privatsphäre seiner Nutzer*innen ein, was entsprechend abgewogen werden sollte. **reCAPTCHA v2** verwendet dabei beide Ansätze. Es analysiert das Nutzerverhalten auf der Seite, nutzt Cookies und überprüft den Verlauf der Nutzer*innen (S., 2023; “Google reCAPTCHA and the GDPR – How to be compliant”, o.D.). Die gesammelten Daten stammen dabei von anderen Seiten, die ebenfalls Google-Dienste verwenden (“GOOGLE PRIVACY POLICY”, 2024). Sollte weiterhin unklar sein, ob die Nutzer*innen legitim sind, so bietet reCAPTCHA weitere CAPTCHAs zum Lösen an. **CCM19** (Cookie Consent Manager) ist ein Dienst, der ergänzend zu reCAPTCHA v2 implementiert wird. So sollen die Nutzer*innen die Möglichkeit erhalten, dem Verwenden von Cookies zuzustimmen, bevor reCAPTCHA geladen wird. Dadurch kann reCAPTCHA DSGVO-konform genutzt werden. **reCAPTCHA v3** funktioniert ähnlich, nur dass es für die Nutzer*innen komplett unsichtbar ist. Es wertet auf einer Skala von 0 bis 1 aus, ob ein*e Nutzer*in ein Bot ist und überlässt den Anbieter*innen der Webseite, was er oder sie mit der Information macht.
- **Kryptografie:** Bei dieser Methode ist gemeint, dass die Maschine der Nutzer*innen ein kryptografisches Rätsel lösen muss, um das CAPTCHA zu bewältigen. Die Aufgabe kann dann bei Verdacht auf einen Bot erschwert werden. Das Konzept dieser Methode besteht darin, Angriffe aufgrund der benötigten Rechenleistung so teuer zu machen, dass sie sich nicht lohnen würden. **Friendly Captcha** und **Captcha.eu** verwenden beide diese Methode und geben an, diese DSGVO-konform umzusetzen (“Captcha – DSGVO-konformer Bot-Schutz”,

o.D. “hCAPTCHA vs. reCAPTCHA vs. Friendly Captcha zum Bot-Schutz”, o.D.).

2.2 Entwickelte CAPTCHAs

In diesem Kapitel werden alle CAPTCHAs genannt, die im Laufe der Arbeiten (meist mit Fokus auf Personen mit Sehbehinderung) entwickelt wurden. Der Sinn besteht darin, Ansätze aufzuzeigen, die teils noch nie umgesetzt wurden, um Inspiration zu geben oder Bewusstsein zu wecken.

- **Visuell & Audio:**

- **Pix-Audio:** Die Idee dieses Ansatzes besteht darin, die Bild- und Geräuscherkennungsmethode zu kombinieren (Sauer et al., 2008). Kritisiert wird im zugehörigen Paper, dass die visuellen und auditiven Ansätze von CAPTCHAs getrennt voneinander entwickelt werden, wodurch eine qualitative Diskrepanz zwischen den beiden implementierten Ansätzen entsteht. In diesem konkreten Ansatz werden Bilder von alltäglichen Gegenständen gezeigt, zusammen mit dem dazugehörigen Geräusch. Die Nutzer*innen müssen nun den Gegenstand wiedererkennen und die Antwort eingeben.
- **Akronym:** Bei Audio-CAPTCHAs mit gesprochenen Zeichen müssen sich die Nutzer*innen sowohl die Zeichen als auch ihre Reihenfolge merken. Dadurch entsteht eine hohe mentale Belastung für die Nutzer*innen, weshalb die Akronym-Methode konzipiert wurde (Alnfai et al., 2022). Bei dieser Methode erhält ein Nutzer oder eine Nutzerin visuell und/oder auditiv ein gängiges Sprichwort, wie zum Beispiel: “Piece of Cake”. Die Aufgabe besteht darin, die Anfangsbuchstaben aller Wörter anzugeben, um das CAPTCHA zu lösen, in diesem Fall also “POC”. Wichtig ist hierbei, dass es sich um gängige Sprichwörter handelt, sodass die Nutzer*innen sich keine zufälligen Wörter merken müssen und es nicht zur gleichen mentalen Belastung wie zuvor kommt.
- **QR-Code:** Eine Methode, die sich von allen anderen unterscheidet, da sie ein zusätzliches Gerät benötigt. Um die Aufgabe des CAPTCHAs zu erhalten, muss der Nutzer oder die Nutzerin einen vom CAPTCHA generierten QR-Code einscannen. Um das CAPTCHA zu lösen, muss der Nutzer oder die Nutzerin den erhaltenen Text auf angegebene Weise modifizieren und die Lösung auf der Webseite entsprechend angeben (Chithra und Sathya, 2021). Da die Aufgabe des CAPTCHAs in einem QR-Code steckt, ist es für Bots schwieriger, an diese heranzukommen und sie zu lösen. Auch können Personen mit Sehbehinderung ihr QR-Code-Scanning-to-Speech-Programm ihrer Wahl nutzen, um möglichst einfach die Aufgabe des CAPTCHAs zu erhalten.

- **Mathe:**

- **Audio-Mathe:** Der Ansatz dieses CAPTCHAs ist es, die Audio- und Mathe-Methode zu kombinieren (Shirali-Shahreza und Shirali-Shahreza, 2007). Weder Audio- noch Mathe-CAPTCHAs sind ein neuer Ansatz. Wie im Kapitel über die konventionellen CAPTCHAs bereits festgestellt, existieren heutzutage kaum CAPTCHAs, die die Mathe-Methode verwenden. Die meisten gefundenen Mathe-CAPTCHAs verwenden in der Regel Textformat. Durch die Kombination beider Ansätze ist es möglich, eine Audiodatei für die Nutzer*innen abzuspielen, die nicht mehr verzerrt werden muss. Da der Inhalt der Audiodatei verstanden und verarbeitet werden muss, um das CAPTCHA zu lösen. Zudem ist die Mathe-Aufgabe im Audioformat für Bots schwerer zu erkennen, als im Textformat.

- **Bongo / Anomalie:**

- **Dokument:** Diese Methode wurde in zwei Ansätzen umgesetzt. Bei beiden Ansätzen werden Phrasen aus Dokumenten im Internet gesammelt, um mit ihnen die Aufgaben des CAPTCHAs zu generieren. Die zu lösende Aufgabe ist entweder das Erkennen eines halb computer-generierten Satzes oder das Erkennen einer Gemeinsamkeit von verschiedenen Sätzen (Yamaguchi, Nakata, Okamoto und Kikuchi, 2014). Damit Bots das Internet nicht nach Antworten durchsuchen können, werden die Sätze unbrauchbar gemacht. Dies geschieht, indem die Konsonanten der Wörter mit einem Ersatzkonsonanten ersetzt werden, einem Konsonanten, der anstelle des angestrebten Ziellautes genutzt wird (Wiktionary, 2023). In dem konkreten Ansatz von Yamaguchi et al. wurde die Methode mit verbaler Ausgabe implementiert, um Menschen mit Sehbehinderung das Lösen ebenfalls zu ermöglichen. Ein benutzerfreundlicher Ansatz ohne Ersatzkonsonanten und mit dem Erkennen von Sätzen mit auffälliger Semantik wurde auch in anderen Arbeiten konzipiert (Yamaguchi, Nakata, Watanabe et al., 2014).

- **Invisible:**

- **Honeypot:** Diese Methode wurde zwar nicht im Laufe einer Arbeit gefunden, das Konzept ist aber interessant genug, dass es ebenfalls in dieser Sammlung aufgeführt wird. Bei der Honeypot-Methode wird ein unsichtbares CAPTCHA auf der Seite generiert (“6 Ways Better Than ReCAPTCHA to Prevent Form & Website Spam”, 2023). Wird nun dieses unsichtbare CAPTCHA dennoch ausgefüllt, so kann man davon ausgehen, dass es sich um einen Bot auf der Seite handelt. Das unsichtbare CAPTCHA kann dabei auch zusammen mit einem sichtbaren CAPTCHA implementiert werden.

3 Konzept & Mock-up

Um den Projektumfang nicht zu groß zu machen, wurde entschieden, die Seite hauptsächlich für PC-Nutzer zu entwickeln. Trotz der Relevanz für Mobile Support schien es unwahrscheinlich, dass Entwickler*innen die Seite aufsuchen würden, während sie mobile Geräte nutzen. Der erste Entwurf für den Aufbau der Sammlung war noch sehr einfach (siehe dazu Abbildung 9). Auch fehlten zu dem Zeitpunkt noch Funktionen, die später hinzugefügt werden würden. So wurden die Input-Felder weggelassen, da es keinen Grund

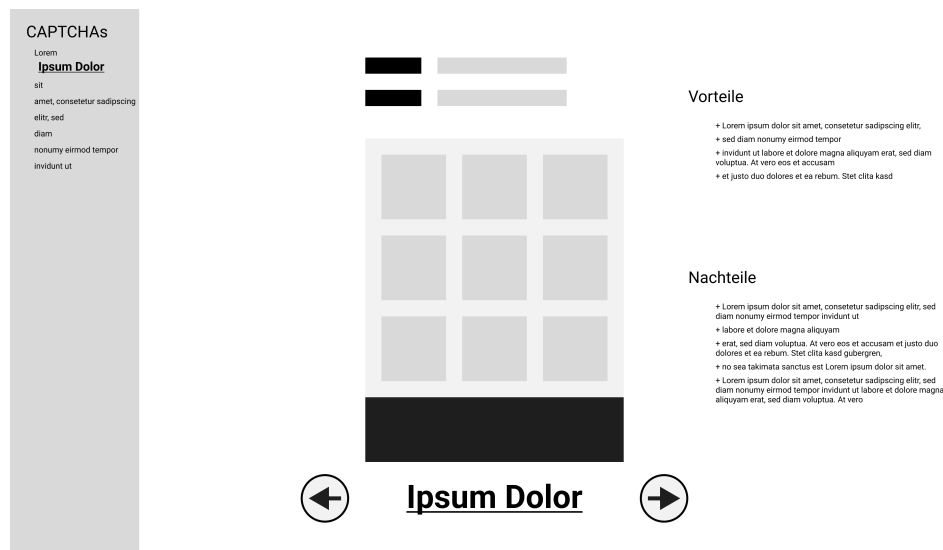


Abbildung 9: Erstes Mock-up der CAPTCHA Sammlung (Eigenes Bild)

gibt, diese zu implementieren. Zusätzlich wird so Platz gespart. Es wurde zudem überlegt, eine Bewertungsfunktion zu implementieren, um möglichst schnell zu zeigen, wie gut sich ein bestimmtes CAPTCHA eignet. Um den Projektumfang nicht zu sprengen, wurde diese Funktion allerdings bereits als Soll-Anforderung eingestuft und später dann als Wird-Anforderung. Auf Feedback hin wurde ebenfalls ein Feld für einen beschreibenden Text dem Layout hinzugefügt, um die Funktionsweise zu erklären, was besonders bei CAPTCHA-Methoden wie den Invisible CAPTCHAs hilfreich ist. Da Vorteile und Nachteile gemeinsam sehr viel Platz in Anspruch nehmen, wurde entschieden, die verschiedenen Texte auf Tabs aufzuteilen. Da die Texte nicht gleichzeitig gelesen werden können, macht dies auch keinen großen Unterschied, und die Texte können so auch länger werden, ohne dass es zu Platzproblemen auf der Seite kommt (siehe dazu Abbildung 10). Während der Implementierung wurde entschieden, sich am Styleguide der Medieninformatik an der TH Köln zu orientieren. Zum einen hat man einen fertigen Styleguide, an dem man sich orientieren kann. Zum anderen wurde es als passend eingeschätzt, eine Arbeit an der TH Köln im entsprechenden Stil zu erstellen (siehe dazu Abbildung 11). Schnell hat sich gezeigt, dass die festen Werte aus den Mock-ups nicht gut in der Praxis funktionieren. Die Werte aller Variablen wurden von px in em umgewandelt, und die Schriftgröße wurde an die



Abbildung 10: Letzter Entwurf vor der Implementierung (Eigenes Bild)

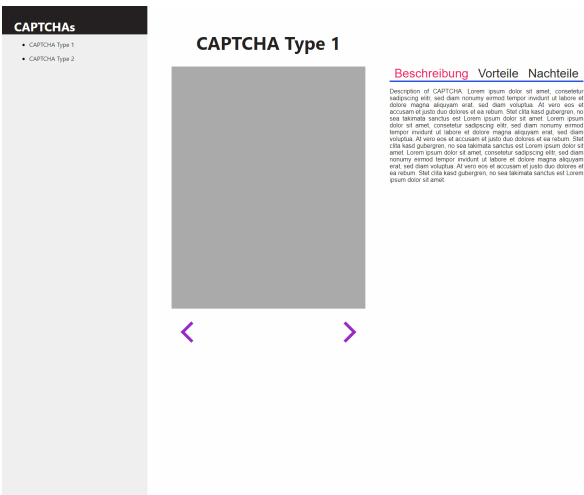


Abbildung 11: Erster commit der Implementierung (Eigenes Bild)

Bildschirmgröße angepasst. Für die flexible Schriftgröße wurde eine Formel genutzt, um die korrekten Werte für die clamp-Funktion zu berechnen (Bece, 2022). Die Schriftgröße sollte bei einer Breite von 1024px bis 1920px von 16px auf 24px skalieren. Ergebnis der Berechnung war die Funktion:

```
font-size: clamp(1rem, 0.9vw + 0.4rem, 1.5rem);
```

So ist es dem Layout nun möglich, sich flüssig anzupassen, wodurch alle Elemente gut leserlich und erkennbar für Nutzer*innen unabhängig von ihrer Bildschirmgröße bleiben (siehe dazu Abbildung 12). Im Laufe der Implementierung aller CAPTCHAs hat sich



Abbildung 12: CAPTCHA Sammlung nach Anpassung der Variablen (Eigenes Bild)

gezeigt, dass das Seitenmenü nicht mehr in der Lage war, alle CAPTCHAs vollständig anzuzeigen. Das Seitenmenü wurde scrollbar gemacht, und ein Button wurde hinzugefügt, um das Menü zu verstecken (siehe dazu Abbildung 13).

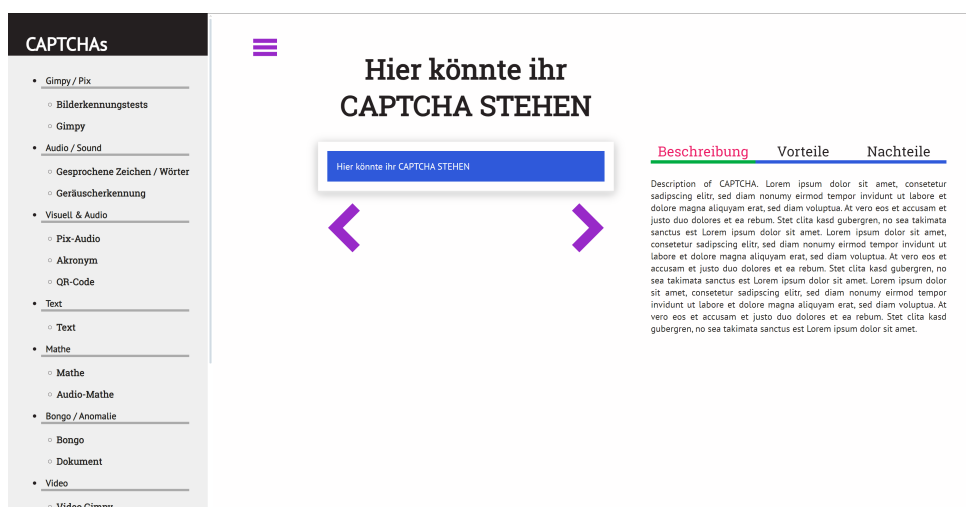


Abbildung 13: Finales Design der CAPTCHA Sammlung (Eigenes Bild)

4 Implementierung

Die ursprüngliche Idee der Sammlung war es, die verschiedenen Demos der CAPTCHA-Anbieter zu sammeln, um so die verschiedenen Ansätze und Methoden vorzustellen. Da dies allerdings das Projekt abhängiger und weniger langlebig machen würde, wurde sich dagegen entschieden. Zudem haben nicht alle CAPTCHA-Methoden eine Demo, weshalb unabhängig von dieser Entscheidung eigene CAPTCHA-Demos entwickelt werden mussten. So kann auch vermieden werden, dass eine schlechte Demo eine Methode missrepräsentiert. Beim Erstellen der eigenen Demos wurde besonders darauf geachtet, alle Methoden möglichst authentisch darzustellen. Es wurden bewusst keine zusätzlichen Änderungen vorgenommen, die die Nutzererfahrung verbessern oder verschlechtern könnten. Ziel ist es, die Vor- und Nachteile der CAPTCHAs korrekt wiederzugeben, sodass Entwickler*innen mithilfe dieser Sammlung fundierte Entscheidungen treffen können, welche Methoden sie implementieren möchten. Alle Bild-, Audio- und Videodateien, die im Projekt verwendet wurden, wurden entweder selbst erstellt oder sind frei verfügbare Inhalte. Die Webseiten, von denen diese Inhalte bezogen wurden, sind Pixabay (“Mehr als 1 Million Gratis-Bilder zum Herunterladen - Pixabay”, o.D.) und Luvvoice (“Luvvoice: Free Convert Text to Speech Online, No Word Limit”, o.D.). Aufgrund des Umfangs und des Mangels an Zeit sind alle Demos sehr simpel konstruiert und nicht dafür konzipiert, Bots abzuwehren, sondern lediglich Entwicklern*innen einen Eindruck vom Nutzererlebnis der Methode zu vermitteln. Aus diesem Grund wurden keine weiteren Versionen der verschiedenen Methoden implementiert, die alternative Bild- oder Audiodateien enthalten. Das Grundkonzept bleibt unabhängig von den verwendeten Bildern dasselbe. Dennoch wurde bei der Implementierung darauf geachtet, dass die verwendeten Dateien und Formulierungen möglichst authentisch sind und das durchschnittliche Nutzererlebnis widerspiegeln. Gerade bei den Methoden der Invisible-Gruppe könnte dies zu minimalen Abweichungen der realen Nutzererfahrung im Vergleich zu den Ansätzen der bestehenden Anbieter führen. Die Demos der Methoden sollten jedoch in der Lage sein, ihre entsprechenden Stärken und Schwächen korrekt wiederzugeben.

5 Bewertung

In diesem Kapitel werden alle gefundenen Methoden ausgewertet und bewertet. Die Reihenfolge entspricht dabei der in der Sammlung, sodass konventionelle CAPTCHAs und entwickelte CAPTCHAs in denselben Gruppen aufgeführt werden.

- **Gimpy / Pix:** Die Gruppe der Gimpy- und Pix-CAPTCHAs ist generell ungeeignet für Sehbehinderte. Ihre Methoden verwenden alle Bilder. Auch wenn sie in einzelnen Ansätzen barrierearm implementiert werden können, ist es besser, sich von Anfang an für eine benutzerfreundlichere Methode umzusehen.

Bilderkennungstests:

- + Die Methode wird von vielen Anbietern angeboten.
- + Manche Anbieter bieten zusätzliche Optionen in ihren Ansätzen an, um diese visuelle Methode für Personen mit Sehbehinderung lösbar zu machen oder alternativ auch zu überspringen.
- Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Methode nicht oder nur schwer von Personen mit Sehbehinderung lösbar.
- Ansätze, bei denen Merkmale auf Teilen eines großen Bildes erkannt werden müssen, sind nicht nutzerfreundlich. Es kann leicht dazu kommen, dass nur wenige Pixel des Merkmals sich auf einem Teil befinden, was zur Verwirrung der Nutzer*innen führt.
- Den Ansatz selbst zu implementieren, benötigt entsprechende Bilder und damit verbunden den notwendigen Speicherplatz.

Gimpy:

- + Die Methode kann relativ einfach selbst implementiert werden.
 - Die Methode ist veraltet und kann mit einer Erfolgsrate von 99,8% von Bots gelöst werden (Goodfellow et al., 2014).
 - Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Methode nicht oder nur schwer von Personen mit Sehbehinderung lösbar.
 - Den Ansatz selbst zu implementieren, benötigt entsprechende Bilder und damit verbunden den notwendigen Speicherplatz.
- **Audio / Sound:** Methoden der Audio-/Sound-Gruppe sind speziell für Personen mit Sehbehinderung entwickelt worden, die bisher Schwierigkeiten mit den weit verbreiteten Gimpy- und Pix-Methoden hatten. Leider ist besonders die weit verbreitete gesprochene Zeichen-/Wörter-Methode für Nutzer*innen schwer zu lösen, was den Bedarf nach Alternativen hervorbringt.

Gesprochene Zeichen / Wörter:

- + Die Methode wird von vielen Anbietern angeboten.
- + Nutzer*innen mit Sehbehinderung können diese Methode lösen.
- Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Methode nicht oder nur schwer von Personen mit Hörbehinderung lösbar.
- Oft sind die Ansätze so implementiert, dass die gesprochenen Wörter auf Englisch sind, was es für nicht-englischsprachige Personen besonders schwierig macht, die Wörter zu erkennen (Bursztein et al., 2010).
- Meist schwer zu verstehen. Beim Ansatz der Gesprochenen Zeichen muss sich zudem die Reihenfolge gemerkt werden. So haben selbst Sehbehinderte lediglich eine Erfolgsquote von 31-48% (Alnfai et al., 2022; Bursztein et al., 2010; Sauer et al., 2008).
- Den Ansatz selber zu implementieren benötigt entsprechende Audio-Dateien und damit verbunden notwendigen Speicherplatz. Mehr Speicherplatz wird benötigt, falls Audio-Dateien für mehrere Sprachen verwendet werden.

Geräuscherkennung:

- + Nutzer*innen mit Sehbehinderung können diese Methode lösen.
 - + Geräusche sind unabhängig von Sprache und können von Nutzer*innen unabhängig von ihren Sprachkenntnissen verstanden werden.
 - + Leicht selbst implementierbar. Zudem gibt es im Internet Seiten, die Geräusche kostenlos und frei verfügbar anbieten. Es ist weiterhin leichter, frei verfügbare Audio-Dateien mit Geräuschen zu finden, als solche mit Sprache.
 - Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Methode nicht oder nur schwer von Personen mit Hörbehinderung lösbar.
 - Den Ansatz selber zu implementieren benötigt entsprechende Audio-Dateien und damit verbunden notwendigen Speicherplatz.
- **Visuell & Audio:** Die Visuell- & Audio-Gruppe vereint die Vorteile beider Ansätze. Da alle ihre Methoden in Arbeiten entwickelt wurden, die speziell auf die Nutzbarkeit für Nutzer*innen mit Sehbehinderung abzielen, sind alle Ansätze für Nutzer*innen mit Sehbehinderung gut nutzbar.

Pix-Audio:

- + Nutzer*innen mit Sehbehinderung können diese Methode lösen.
- + Geräusche sind unabhängig von Sprache und können so von Nutzer*innen unabhängig von ihren Sprachkenntnissen verstanden werden.

- + Leicht selbst implementierbar. Zudem gibt es im Internet Seiten, die Geräusche kostenlos und frei verfügbar anbieten. Es ist weiterhin leichter, frei verfügbare Audio-Dateien mit Geräuschen zu finden als solche mit Sprache.
- Den Ansatz selber zu implementieren benötigt entsprechende Bilder und Audio-Dateien und damit verbunden notwendigen Speicherplatz.
- Die Methode wird von keinem Anbieter angeboten und muss daher selbst implementiert werden.
- Da lediglich der Inhalt eines Bilds erkannt werden muss, ist diese Methode leichter von Bots lösbar.

Akronym:

- + Nutzer*innen mit Sehbehinderung können diese Methode lösen.
- + Es muss sich deutlich weniger gemerkt werden im Vergleich zur gesprochenen Zeichen-/Wörter-Methode.
- Nutzer*innen mit Sehbehinderung und unzureichenden Sprachkenntnissen könnten Probleme beim Erkennen der Sprüche haben.
- Der Ansatz, ihn selbst zu implementieren, erfordert entsprechende Bilder und Audiodateien sowie den dafür notwendigen Speicherplatz.
- Die Methode wird von keinem Anbieter angeboten und muss daher selbst implementiert werden.

QR-Code:

- + Nutzer*innen mit Sehbehinderungen können ihr eigenes “Scan to Speech”-Programm verwenden.
- + Die Sicherheit ist sehr hoch, da die Aufgabe im QR-Code enthalten ist.
 - Es wird ein zusätzliches Gerät benötigt, das mit einer “Scan to Speech”-oder ähnlichen Anwendung ausgestattet ist.
 - Diese Lösung ist nicht für Mobilnutzer geeignet, da ein zusätzliches Mobilgerät mit einer Anwendung wie “Scan to Speech” oder einer ähnlichen Funktion erforderlich ist.
 - Die Methode wird von keinem Anbieter angeboten und muss daher selbst implementiert werden.
- **Text:** CAPTCHAs der Textgruppe haben den Vorteil, dass sie mit einem Screen-reader gelesen werden können. So können sie von Personen, unabhängig davon, ob sie eine Sehbehinderung haben, gleichermaßen bearbeitet werden.

Text:

- + Nutzer*innen mit Sehbehinderung können diese Methode mithilfe eines Screenreaders oder ähnlicher Hilfsmittel lösen.
 - + Die Methode ist leicht selbst implementierbar.
 - Für Personen mit Dyslexie kann die Lösung der Methode schwierig sein.
- **Mathe:** Die Methoden der Mathematik-Gruppe sind einfach, jedoch effektiv darin, für möglichst viele Nutzer*innen barrierearm zu sein, vorausgesetzt, das richtige Medium wurde gewählt. Es sollte jedoch im Hinterkopf behalten werden, dass manche Bots die Mathematikaufgaben einfach lösen könnten, wenn diese für sie zu leicht erkennbar sind.

Mathe:

- + Nutzer*innen mit Sehbehinderung können diese Methode mithilfe eines Screenreaders oder ähnlicher Hilfsmittel lösen, sofern sie im entsprechenden Format implementiert ist.
- + Einfach für die Nutzer*innen zu lösen.
- + Kann auf verschiedene Weise implementiert werden, um den Anforderungen der Nutzer*innen gerecht zu werden.
- + Die Methode ist leicht selbst implementierbar.
- Mathematikaufgaben können von Bots einfach gelöst werden.
- Wird kaum oder nicht länger von Anbietern angeboten.

Audio-Mathe:

- + Nutzer*innen mit Sehbehinderung können diese Methode lösen.
 - + Die Methode ist sicherer als die Mathe-Methode, da Bots den Kontext zusätzlich verstehen müssen.
 - Aufgaben können aufgrund ihrer Länge verwirrend und schwer verständlich sein.
 - Die Methode wird von keinem Anbieter angeboten und muss daher selbst implementiert werden.
- **Bongo / Anomalie:** Das Konzept von Bongo- / Anomalie-CAPTCHAs basiert auf dem Erkennen von Logik und Mustern. Je nach Methode sind die CAPTCHAs dieser Gruppe besser oder schlechter für sehbehinderte Nutzer*innen geeignet, abhängig davon, welches Medium genutzt wird.

Bongo:

- + Die Methode ist sicherer als Bilderkennungstests, da zum Lösen der Aufgabe die Unterschiede zwischen beiden Gruppen erkannt werden müssen.

Am Ende müssen zusätzlich alle Bilder mit den passenden Merkmalen ausgewählt werden.

- Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Aufgabe für sehbehinderte Personen nicht oder nur schwer lösbar.
- Je nach Aufgabe kann die Methode für Nutzer*innen schwer zu lösen sein.
- Den Ansatz selbst zu implementieren, erfordert entsprechende Bilder und somit den notwendigen Speicherplatz.
- Wird nicht mehr von Anbietern angeboten.

Dokument:

- + Nutzer*innen mit Sehbehinderung können diese Methode lösen.
 - + Nutzer*innen müssen sich keine langen Zeichenfolgen merken.
 - Nutzer*innen mit Sehbehinderung und nicht ausreichenden Sprachkenntnissen könnten Schwierigkeiten beim Erkennen der Sätze haben.
 - Für jede Sprache werden eigene Audio-Dateien benötigt.
 - Die Umsetzung des Ansatzes erfordert entsprechende Audio-Dateien und den damit verbundenen notwendigen Speicherplatz.
 - Die Methode wird von keinem Anbieter angeboten und muss daher selbst implementiert werden.
- **Video:** Die Video-Gruppe ist der Gimpy-/Pix-Gruppe ähnlich, mit dem Unterschied, dass Videos anstelle von Bildern verwendet werden. Somit ähneln sich die Stärken und Schwächen im Vergleich zu den Methoden der Gimpy-/Pix-Methoden oder sind noch stärker ausgeprägt. Der größte Vorteil der Video-Gruppe ist, dass ihre CAPTCHAs schwerer für Bots zu lösen sind. Allerdings stellt dies auch einen Nachteil dar, da die CAPTCHAs insbesondere für Nutzer*innen mit Sehbehinderung eine größere Herausforderung darstellen.

Video Gimpy:

- + Die Video-CAPTCHAs sind sicherer als Gimpy-CAPTCHAs, da es für Bots schwieriger ist, die Zeichen aus einem Video herauszufiltern.
- Ohne Implementierung von Ausnahmen, nicht oder nur schwer mit Sehbehinderung lösbar.
- Die Lösung der CAPTCHA-Methode kann von Nutzer*innen als schwierig und stressig empfunden werden.
- Die Selbstimplementierung des Ansatzes erfordert entsprechende Videos sowie den dazu notwendigen Speicherplatz.
- Wird nicht mehr von Anbietern angeboten.

TYPE-IN:

- + Leichter zu lösen als die Video-Gimpy-Methode.
 - Je nach Ausgestaltung der Werbung kann das CAPTCHA schwierig für Nutzer*innen mit Sehbehinderung zu lösen sein.
 - Screenreader sind nicht in der Lage, den Text zu lesen, wenn er sich im Video befindet.
 - Der CAPTCHA ist leicht zu lösen für Bots, wenn der Text nicht im Video enthalten ist.
 - Wird nicht länger angeboten.
- **Puzzle / Game:** Die Methoden der Puzzle- /Game-Gruppe können sich stark voneinander unterscheiden. Sie sind meistens visuell; dabei ist es nicht ausreichend, alle Komponenten zu erkennen, sondern es folgt immer ein weiterer Schritt zur Lösung der Aufgabe. Visuelle Methoden dieser Gruppe sind daher meist weniger geeignet für sehbehinderte Personen, können jedoch für andere Nutzer*innen unterhaltsamer zu lösen sein.

Orientierung:

- + Sicherer als Gimpy CAPTCHAs, da der Kontext der Aufgabe zusätzlich zum Inhalt des Bildes verstanden werden muss.
- Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Methode nicht oder nur schwer von Personen mit Sehbehinderung lösbar.
- Wenn die Ausrichtungen der Objekte nicht klar erkennbar sind, kann es leicht zur Verwirrung der Nutzer*innen kommen.
- Den Ansatz selbst zu implementieren, benötigt entsprechende Bilder und damit verbunden den notwendigen Speicherplatz.

Karten:

- + Sicherer als Gimpy CAPTCHAs, da der Kontext der Aufgabe zusätzlich zum Inhalt des Bildes verstanden werden muss.
- Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Methode nicht oder nur schwer von Personen mit Sehbehinderung lösbar.
- Pfade, die an Stellen nur wenige Pixel breit sind, können leicht für Verwirrung bei Nutzer*innen sorgen.
- Der Ansatz, ihn selbst zu implementieren, ist aufwendiger im Vergleich zu anderen Methoden.
- Wird ausschließlich von AWS angeboten.

Puzzleteil:

- + Sicherer als Gimp CAPTCHAs, da der Kontext der Aufgabe zusätzlich zum Inhalt des Bildes verstanden werden muss.
- Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Methode nicht oder nur schwer von Personen mit Sehbehinderung lösbar.
- Nutzer*innen können genervt werden, wenn sie die offene Stelle übersehen.
- Der Ansatz, ihn selbst zu implementieren, ist aufwendiger im Vergleich zu anderen Methoden.

Paar:

- + Sicherer als Gimp CAPTCHAs, da der Kontext der Aufgabe zusätzlich zum Inhalt des Bildes verstanden werden muss.
 - + Den Ansatz selbst zu implementieren, ist einfacher im Vergleich zu anderen Methoden.
 - Ohne die Implementierung von Ausnahmen ist die Methode nicht oder nur schwer von Personen mit Sehbehinderung lösbar.
 - Den Ansatz selbst zu implementieren, benötigt entsprechende Bilder und damit verbunden den notwendigen Speicherplatz.
- **Invisible:** Das Konzept der Methoden der Invisible Gruppe besteht darin, den Nutzer*innen minimale oder keine Aufgaben zu geben. Alle Aufgaben werden im Hintergrund überprüft und/oder bearbeitet. Das Einzige, was die Nutzer*innen bemerken, ist je nach Methode eine geringe Wartezeit.

Nutzerverhalten:

- + Nutzer*innen müssen lediglich eine Checkbox anklicken, was relativ unabhängig von den Behinderungen der Nutzer*innen lösbar ist.
- + Der reCAPTCHA-Ansatz ist bis zu 10.000 Aufrufen pro Monat kostenlos zu implementieren.
- Je nach Implementierung kann es zu einem Verstoß gegen die DSGVO kommen.
- Es wird ein zusätzlicher kostenpflichtiger Dienst benötigt, um sicher DSGVO-konform zu sein.
- Der Browserverlauf der Nutzer*innen wird durchleuchtet.
- Die selbstständige Implementierung des Ansatzes ist sehr aufwendig und schwierig.

Kryptografie:

- + Unabhängig von den Behinderungen der Nutzer*innen ist der Ansatz immer lösbar.

- + Die Methode wird von mehreren Anbietern angeboten.
- Die meisten Ansätze sind relativ teuer.
- Die selbstständige Implementierung des Ansatzes ist sehr aufwendig.

Honeypot:

- + Unabhängig von den Behinderungen der Nutzer*innen ist die Lösung immer möglich.
- + Die Methode ist leicht selbst implementierbar.
- Bots, die das unsichtbare CAPTCHA ignorieren, werden ohne weitere CAPTCHAs nicht aufgehalten.
- Die Methode wird von keinem Anbieter angeboten und muss daher selbst implementiert werden.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Sammlung von CAPTCHA-Methoden für Entwickler*innen bereitzustellen, mit einem besonderen Fokus auf Ansätze, die für sehbehinderte Nutzer*innen geeignet sind. Für diese Arbeit wurde eine Vielzahl von aktuellen, älteren und theoretischen CAPTCHA-Methoden zusammengetragen. Es ist wichtig zu beachten, dass nicht alle CAPTCHAs in dieser Sammlung für sehbehinderte Nutzer*innen geeignet sind. Entwickler*innen erhalten auf diese Weise sowohl funktionierende Methoden als auch negative Beispiele, die ihnen helfen, zu verstehen, worauf sie bei der Entwicklung eigener Ansätze achten sollten. Darüber hinaus sind nicht alle Methoden aktuell, was dazu dient, sowohl erfolgreiche Ansätze als auch gescheiterte zu präsentieren. Es ist möglich, dass sich in den Tiefen des Internets noch weitere Ansätze befinden. Dennoch ist der Projektumfang mit seinen 20 CAPTCHAs bereits gut ausgelastet und deckt einen großen Teil der bekannten Methoden sowie einiger speziell entwickelter Ansätze ab.

Neuere CAPTCHAs und diejenigen, die mit Blick auf sehbehinderte Personen entwickelt wurden, verfolgen zwei unterschiedliche Ansätze:

- Der erste Ansatz ist der der Invisible CAPTCHAs, welcher bei Anbietern weit verbreitet ist. reCAPTCHA, Friendly Captcha und Captcha.eu sind einige der Anbieter, die Ansätze dieser Gruppe verwenden. Die Idee hinter diesen Ansätzen ist es, die Nutzerinteraktion mit dem CAPTCHA so weit wie möglich zu minimieren. In einigen Fällen läuft der CAPTCHA-Prozess vollständig im Hintergrund, sodass die Nutzer*innen nicht bemerken, dass ein CAPTCHA aktiv ist, es sei denn, sie werden gezielt darüber informiert. Da von den Nutzer*innen nur eine sehr einfache Aufgabe, wenn überhaupt, verlangt wird, ist es vollkommen irrelevant, welche möglichen Behinderungen oder Einschränkungen sie haben könnten. Nachteile dieses Ansatzes sind, dass die CAPTCHAs der Anbieter meist hohe Kosten verursachen oder die Privatsphäre der Nutzer*innen beeinträchtigen. Sollte beschlossen werden, auf Anbieter zu verzichten und einen eigenen Ansatz zu entwickeln und zu implementieren, sind Invisible CAPTCHAs schwieriger zu entwickeln als einfache Gimpy-/Pix-, Audio-/Sound- oder Textmethoden.
- Der zweite Ansatz ist häufiger bei CAPTCHA-Methoden zu finden, die gezielt für Menschen mit Sehbehinderungen entwickelt wurden. Hierbei werden Methoden kombiniert, sodass sie von Nutzer*innen mit Sehbehinderungen genutzt werden können, ohne andere Anwender*innen, wie beispielsweise solche mit Hörbehinderungen, auszuschließen. Da meist zwei bereits einfache Methoden kombiniert werden, ist die Entwicklung und Implementierung dieser CAPTCHAs deutlich einfacher als die des ersten Ansatzes. Da diese CAPTCHAs jedoch oft lediglich im Rahmen von wissenschaftlichen Arbeiten konzipiert wurden, ist es ebenfalls notwendig, dass sie selbst

implementiert werden. Ein weiterer Nachteil im Vergleich zum ersten Ansatz ist, dass durch die Kombination von Methoden zwar mehr Nutzer*innen in der Lage sein werden, die Aufgaben des CAPTCHAs zu lösen. Allerdings wird es schwierig sein, eine Kombination zu konzipieren, die es allen Nutzer*innen ermöglicht, die Aufgaben des CAPTCHAs ohne Probleme zu lösen.

Als Möglichkeit für eine zukünftige Arbeit könnte versucht werden, einem der beiden Ansätze zu folgen, um ein neues, benutzer- und entwicklerfreundliches sowie barrierearmes CAPTCHA zu entwickeln. Dabei könnte versucht werden, eine kostengünstigere Alternative zu den bestehenden Invisible-Ansätzen zu entwickeln. Darüber hinaus könnte auch überlegt werden, ob man die Rechenleistung der Kryptographiemethode für weitere Zwecke nutzen könnte, sollte man sich dafür entscheiden, ein CAPTCHA dieser Methode zu entwickeln. Ähnlich wie reCAPTCHA, das seine CAPTCHAs nutzt, um Bücher zu digitalisieren, Google Maps zu verbessern oder KIs zu trainieren. Eine weitere Möglichkeit wäre, zu versuchen, ein CAPTCHA nach dem zweiten Ansatz zu entwickeln, sodass aus einer Kombination von Methoden ein CAPTCHA entsteht, das möglichst von verschiedenen Nutzer*innen mit Behinderungen genutzt werden kann. Ebenfalls wäre es möglich, die Relevanz von CAPTCHAs zu erforschen und zu untersuchen, ob ihr Konzept noch aktuell ist. Mit CAPTCHA-Farmen, die es Bots ermöglichen, jede Aufgabe an einen Menschen auszulagern, können Bots jedes CAPTCHA umgehen, das von einem Menschen gelöst werden kann. Darüber hinaus sind die Methoden von CAPTCHAs am nutzerfreundlichsten, bei denen die Nutzer*innen möglichst wenig mit dem CAPTCHA interagieren müssen. Ist das Konzept, Nutzer*innen zu prüfen, also nicht mehr aktuell? Muss das Konzept von CAPTCHAs neu überdacht werden, um den Anforderungen des heutigen Internets gerecht zu werden, oder genügen die aktuellen Methoden weiterhin als einfache Lösung für die meisten Entwickler? Von hier aus könnte man also in verschiedenste Richtungen weiterforschen, um ein benutzerfreundlicheres und inklusiveres Internet zu schaffen.

7 Quellenverzeichnis

- Brodić, D., & Amelio, A. (2020). Types of CAPTCHA. In *The CAPTCHA: Perspectives and Challenges: Perspectives and Challenges in Artificial Intelligence* (S. 29–32). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-29345-1_6
- Schmeelk, S., & Petrie, H. (2022). Digital Authentication for Visually Disabled People: Initial Results of an Online Survey. In K. Miesenberger, G. Kouroupetroglou, K. Mavrou, R. Manduchi, M. Covarrubias Rodriguez & P. Penáz (Hrsg.), *Computers Helping People with Special Needs* (S. 41–50). Springer International Publishing.
- Yamaguchi, M., Nakata, T., Okamoto, T., & Kikuchi, H. (2014). An Accessible CAPTCHA System for People with Visual Disability – Generation of Human/Computer Distinguish Test with Documents on the Net. In C. Stephanidis & M. Antona (Hrsg.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design for All and Accessibility Practice* (S. 119–130). Springer International Publishing.
-
- Alnfiai, M., Altalhi, S., & Alawfi, D. (2022). IRemember: Memorable CAPTCHA Method for Sighted and Visually Impaired Users [Copyright - ©2022. This work is licensed under <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/> (the “License”). Notwithstanding the ProQuest Terms and Conditions, you may use this content in accordance with the terms of the License; Zuletzt aktualisiert - 2023-11-25]. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(11). <https://www.proquest.com/scholarly-journals/iremember-memorable-captcha-method-sighted/docview/2758767649/se-2>
- Bursztein, E., Bethard, S., Fabry, C., Mitchell, J. C., & Jurafsky, D. (2010). How Good Are Humans at Solving CAPTCHAs? A Large Scale Evaluation. *2010 IEEE Symposium on Security and Privacy*, 399–413. <https://doi.org/10.1109/SP.2010.31>
- Chithra, P., & Sathya, K. (2021). Scanning-to-speech challenge-response authentication test for visually impaired. *Computers & Electrical Engineering*, 92, 107133. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2021.107133>
- Kaur, K., & Behal, S. (2014). Captcha and Its Techniques: A Review. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 5.
- Sauer, G., Hochheiser, H., Feng, J., & Lazar, J. (2008). Towards a universally usable CAPTCHA.
- Shinde, V., & Rathi, P. V. (2018). DIFFERENT TYPES OF CAPTCHA : A LITERATURE SURVEY. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:198992348>

- Shirali-Shahreza, M., & Shirali-Shahreza, S. (2007). CAPTCHA for Blind People. *2007 IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology*, 995–998. <https://doi.org/10.1109/ISSPIT.2007.4458048>
- Yamaguchi, M., Nakata, T., Watanabe, H., Okamoto, T., & Kikuchi, H. (2014). Vulnerability of the conventional accessible CAPTCHA used by the White House and an alternative approach for visually impaired people. *2014 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC)*, 3946–3951. <https://doi.org/10.1109/SMC.2014.6974548>

Internetquellen

- 2024 Bad Bot Report*. (o.D.). Imperva. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.imperva.com/resources/resource-library/reports/2024-bad-bot-report/>
- 6 Ways Better Than ReCAPTCHA to Prevent Form & Website Spam*. (2023). DataDome. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://datadome.co/guides/captcha/captcha-recaptcha-alternatives/>
- Arkose Labs. (2023). *CAPTCHA Best Practices*. Arkose Labs. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.linkedin.com/pulse/captcha-best-practices-arkoselabs>
- Bece, A. (2022). *Modern Fluid Typography Using CSS Clamp*. Smashing Magazine. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.smashingmagazine.com/2022/01/modern-fluid-typography-css-clamp/>
- Bianchi, T. (2024). *Distribution of bot and human web traffic worldwide from 2013 to 2023*. Statista. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.statista.com/statistics/1264226/human-and-bot-web-traffic-share/#statisticContainer>
- Bongo*. (o.D.). The CAPTCHA Project. Verfügbar 11. November 2024 unter <http://www.captcha.net/captchas/bongo/>
- Captcha*. (o.D.). Ryte. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://de.ryte.com/wiki/Captcha>
- Captcha – DSGVO-konformer Bot-Schutz*. (o.D.). Captcha. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.captcha.eu/de/>
- Confident Captchas*. (2021). Death By Captcha. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://deathbycaptcha.com/confident>
- GOOGLE PRIVACY POLICY*. (2024). Google. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://policies.google.com/privacy?hl=en#infocollect>
- Google reCAPTCHA and the GDPR – How to be compliant*. (o.D.). iubenda. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.iubenda.com/en/help/23902-google-recaptcha-gdpr-how-to-be-compliant#:~:text=website%20or%20app%3F-,Yes%2C%20you%20do.,a%20Cookie%20Policy%20as%20well.>

-
- hCaptcha Barrierefreiheit.* (o.D.). hCaptcha. Verfügbar 24. November 2024 unter https://www.hcaptcha.com/accessibility?ref=accounts.hcaptcha.com&utm_campaign=a5f74b19-9e45-40e0-b45d-47ff91b7a6c2&utm_medium=challenge
- hCAPTCHA vs. reCAPTCHA vs. Friendly Captcha zum Bot-Schutz.* (o.D.). Friendly Captcha. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://friendlycaptcha.com/de/insights/hcaptcha-vs-recaptcha/>
- Luvvoice: Free Convert Text to Speech Online, No Word Limit.* (o.D.). Luvvoice. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://luvvoice.com>
- Mehr als 1 Million Gratis-Bilder zum Herunterladen - Pixabay.* (o.D.). Pixabay. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://pixabay.com/de/>
- Miller, A. (2018). *grav-plugin-sweetcaptcha*. rhukster. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://github.com/getgrav/grav-plugin-sweetcaptcha>
- Nucaptcha in der Praxis - Werbung mit Sicherheitsabfrage.* (2010). Golem. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://video.golem.de/audio-video/3972/nucaptcha-in-der-praxis-werbung-mit-sicherheitsabfrage.html>
- Phillips, D. (2023). *securimage*. dapphp. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://github.com/dapphp/securimage>
- S., A. (2023). *What Is reCAPTCHA? Everything You Need to Know*. Hostinger. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.hostinger.co.uk/tutorials/what-is-recaptcha>
- Security Staff. (2023). *47% of all internet traffic came from bots in 2022*. Security Magazine. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.securitymagazine.com/articles/99339-47-of-all-internet-traffic-came-from-bots-in-2022#:~:text=A%20new%20report%20reveals%20that,lowest%20level%20in%20eight%20years.>
- Sinegubko, D. (2015). *SweetCAPTCHA Service Used to Distribute Adware*. Sucuri. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://blog.sucuri.net/2015/06/sweetcaptcha-service-used-to-distribute-adware.html>
- Tough on bots Easy on humans.* (o.D.). Google reCAPTCHA. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://www.google.com/recaptcha/intro/invisible.html?ref=producthunt#>
- Vogel, V. (2022). *ECCC - EasyCalcCheck Captcha Pro - Joomla! 3*. Verfügbar 24. November 2024 unter <https://kubik-rubik.de/de/downloads/eccc-easycalccheck-captcha/joomla-3-pro>


Amazon Web Services. (o.D.). CAPTCHAPuzzleCar [Abbildung 6; Zugriff am: 2024-11-24]. <https://docs.aws.amazon.com/waf/latest/developerguide/waf-captcha-puzzle-examples.html>

-
- ArgoZhang. (o.D.). Image Puzzle Captcha jQuery Plugin Example [Abbildung 8; Zugriff am: 2024-11-24]. *SliderCaptcha*. <https://www.jqueryscript.net/demo/image-puzzle-slider-captcha/>
- Arkose Labs. (o.D.). CAPTCHA Demos von Arkose Labs [Abbildung 3 & 5; Zugriff am: 2024-11-24]. <https://www.arkoselabs.com/arkose-matchkey/>
- BotDetect CAPTCHA. (o.D.). Gimpy Ansatz von BotDetect CAPTCHA [Abbildung 2; Zugriff am: 2024-11-24]. <https://captcha.com/demos/features/captcha-demo.aspx>
- Capy. (o.D.). Puzzleteil Ansatz von Capy [Abbildung 7; Zugriff am: 2024-11-24]. https://www.capy.me/products/puzzle_captcha/
- Goodfellow, I. J., Bulatov, Y., Ibarz, J., Arnoud, S., & Shet, V. (2014). Multi-digit Number Recognition from Street View Imagery using Deep Convolutional Neural Networks. <https://arxiv.org/abs/1312.6082>
- hCaptcha. (o.D.). Bildererkennungstests Ansatz von hCaptcha [Abbildung 1; Zugriff am: 2024-11-24]. <https://accounts.hcaptcha.com/demo>
- The CAPTCHA Project. (o.D.). Bongo [Abbildung 4; Zugriff am: 2024-11-24]. *The CAPTCHA Project*. <http://www.captcha.net/captchas/bongo/>
- Wiktionary. (2023). Ersatzlaut — Wiktionary, Das freie Wörterbuch [[Online; abgerufen am 25. Mai 2024]]. <https://de.wiktionary.org/w/index.php?title=Ersatzlaut&oldid=9636650>

Erklärung über die selbständige Abfassung der Arbeit

Ich versichere, die von mir vorgelegte Arbeit selbständig verfasst zu haben. Alle Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Arbeiten anderer entnommen sind, habe ich als entnommen kenntlich gemacht.

Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich für die Arbeit benutzt habe, sind angegeben. Die Arbeit hat mit gleichem Inhalt bzw. in wesentlichen Teilen noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegen.

Siegburg, 1.12.2024, N. N. 

(Ort, Datum, Unterschrift)