

Sudoku Web Application - Vollständige Anforderungsspezifikation

Projektübersicht

Entwicklung einer interaktiven Web-Anwendung für das Lösen von Sudoku-Rätseln. Die Anwendung soll eine benutzerfreundliche Oberfläche bieten, die sowohl auf Desktop-Computern als auch auf mobilen Geräten reibungslos funktioniert. Das Spiel richtet sich an alle Altersgruppen und Erfahrungsstufen.

Sudoku Spielregeln - Vollständige Beschreibung

Grundregeln

Sudoku ist ein Zahlenrätsel, das auf einem 9x9 Gitter basiert:

1. **Gitteraufbau:** Das Spielfeld besteht aus 81 Feldern, angeordnet in einem 9x9 Gitter
2. **Unterquadrant:** Das Gitter ist in 9 kleinere 3x3 Quadrate unterteilt
3. **Zahlenbereich:** Es werden nur die Zahlen 1 bis 9 verwendet
4. **Eindeutigkeit:** Jede Zahl darf nur einmal in jeder Zeile, Spalte und jedem 3x3-Quadrat vorkommen

Detaillierte Regeln

- **Zeilen-Regel:** In jeder horizontalen Zeile müssen die Zahlen 1-9 genau einmal vorkommen
- **Spalten-Regel:** In jeder vertikalen Spalte müssen die Zahlen 1-9 genau einmal vorkommen
- **Quadrat-Regel:** In jedem 3x3-Unterquadrat müssen die Zahlen 1-9 genau einmal vorkommen
- **Vorgegebene Zahlen:** Einige Felder sind bereits mit Zahlen gefüllt und dürfen nicht verändert werden
- **Leere Felder:** Müssen vom Spieler mit den korrekten Zahlen gefüllt werden
- **Eindeutige Lösung:** Jedes korrekte Sudoku hat genau eine gültige Lösung

Spielziel

Das Ziel ist es, alle leeren Felder so zu füllen, dass alle drei Grundregeln gleichzeitig erfüllt sind.

Benutzerfreundliche Steuerung und Eingabe

Desktop-Steuerung

Maus-Interaktion:

- **Feldauswahl:** Klick auf ein leeres Feld markiert es als aktiv (visuell hervorgehoben)
- **Zahleneingabe:** Nach Feldauswahl Klick auf Zahlen-Buttons (1-9) unter dem Spielfeld
- **Direkte Eingabe:** Zahlen 1-9 auf der Tastatur drücken nach Feldauswahl
- **Löschen:** Leertaste oder Rückschritt-Taste löscht den Inhalt des aktiven Feldes
- **Delete-Button:** Rote "x" Schaltfläche zum Löschen der aktuellen Zahl

Tastatur-Navigation:

- **Pfeiltasten:** Navigation zwischen den Feldern (↑↓←→)
- **Tab-Taste:** Springt zum nächsten leeren Feld
- **Shift+Tab:** Springt zum vorherigen leeren Feld
- **Enter:** Bestätigt die eingegebene Zahl
- **Escape:** Deselektiert das aktive Feld

Mobile Steuerung (Touch-optimiert)

Touch-Interaktion:

- **Feldauswahl:** Finger-Tap auf ein leeres Feld markiert es
- **Zahlen-Eingabe:** Große Touch-freundliche Nummer-Buttons (mindestens 44px)
- **Wisch-Gesten:**
 - Wischen nach links/rechts: Navigation zwischen Feldern in derselben Zeile
 - Wischen nach oben/unten: Navigation zwischen Feldern in derselben Spalte
- **Doppel-Tap:** Aktiviert/deaktiviert Notizen-Modus für kleine Hilfszahlen
- **Langes Drücken:** Zeigt Kontext-Menü mit Optionen (Notizen, Löschen, Hinweis)

Adaptive Eingabe:

- **Große Buttons:** Zahlen-Buttons sind touch-optimiert (min. 44x44px)
- **Visuelle Rückmeldung:** Aktive Felder werden deutlich hervorgehoben
- **Haptic Feedback:** Vibriert bei Eingabe (falls unterstützt)
- **Audio-Feedback:** Optionale Sound-Effekte für Eingaben und Fehler

Universelle Steuerungselemente

Hauptbuttons:

- **Neues Spiel:** Startet ein neues Rätsel mit gewähltem Schwierigkeitsgrad
- **Hinweis:** Zeigt einen gültigen Zug für das aktuelle Rätsel
- **Rückgängig:** Macht den letzten Zug rückgängig (Undo)
- **Wiederholen:** Stellt rückgängig gemachten Zug wieder her (Redo)
- **Pausieren:** Hält das Spiel an und verdeckt das Spielfeld
- **Prüfen:** Überprüft alle bisherigen Eingaben auf Korrektheit

Notizen-System:

- **Notizen-Modus:** Umschalten zwischen Normal- und Notizen-Eingabe
- **Kleine Zahlen:** In den Ecken der Felder für mögliche Kandidaten
- **Auto-Notizen:** Automatisches Entfernen von Notizen bei Konflikten

- **Notizen löschen:** Einzelne oder alle Notizen in einem Feld entfernen

Cross-Platform Kompatibilität

Desktop Browser Anforderungen

Unterstützte Browser:

- Chrome/Chromium 90+ (Windows, macOS, Linux)
- Firefox 88+ (Windows, macOS, Linux)
- Safari 14+ (macOS)
- Microsoft Edge 90+ (Windows)

Desktop-spezifische Features:

- **Vollbild-Modus:** F11 für immersive Spielerfahrung
- **Zoom-Unterstützung:** Ctrl/Cmd + Plus/Minus für Vergrößerung
- **Mehrere Fenster:** Unterstützung für mehrere Spielinstanzen
- **Tastatur-Shortcuts:** Vollständige Tastaturnavigation
- **Drag & Drop:** Zahlen von Palette in Felder ziehen (optional)

Mobile Browser Anforderungen

Unterstützte mobile Browser:

- Chrome Mobile 90+ (Android/iOS)
- Safari Mobile 14+ (iOS)
- Samsung Internet 13+ (Android)
- Firefox Mobile 88+ (Android)

Mobile-spezifische Optimierungen:

- **Responsive Layout:** Automatische Anpassung an Bildschirmgröße
- **Portrait/Landscape:** Optimiert für beide Ausrichtungen
- **Zoom-Verhinderung:** Verhindert ungewolltes Zoomen bei Eingabe
- **Touch-Targets:** Mindestens 44px große Touch-Bereiche
- **Swipe-Navigation:** Wischen zwischen Menüs und Optionen
- **Pull-to-Refresh:** Neues Spiel durch Herunterziehen generieren

Bildschirmgrößen-Unterstützung

Desktop Auflösungen:

- **4K/UHD:** 3840x2160px (skaliert automatisch)
- **QHD:** 2560x1440px (optimale Darstellung)
- **Full HD:** 1920x1080px (Standard-Layout)
- **HD:** 1366x768px (kompakte Ansicht)
- **Kleine Bildschirme:** 1024x768px minimum

Mobile Bildschirmgrößen:

- **Große Smartphones:** 414x896px (iPhone 11 Pro Max)
- **Standard Smartphones:** 375x667px (iPhone SE)
- **Kleine Smartphones:** 320x568px (iPhone 5/SE)
- **Tablets:** 768x1024px (iPad)
- **Große Tablets:** 1024x1366px (iPad Pro)

Technische Implementierung

Frontend-Technologien

Kern-Technologien:

- **HTML5:** Semantisches Markup für Accessibility
- **CSS3:** Grid Layout, Flexbox, Media Queries
- **JavaScript ES2020+:** Moderne Syntax und Features
- **Progressive Web App:** Service Worker für Offline-Funktionalität

CSS Framework Anforderungen:

- **CSS Grid:** Hauptlayout für das 9x9 Sudoku-Gitter
- **Flexbox:** Navigation und Button-Layouts
- **Media Queries:** Responsive Breakpoints
- **CSS Custom Properties:** Theming und Farbvariablen
- **Animations:** Smooth Transitions für UX-Verbesserungen

Responsive Design Implementierung

Breakpoints:

/* Mobile First Ansatz */

- xs: 0-575px (Kleine Smartphones)
- sm: 576-767px (Große Smartphones)
- md: 768-991px (Tablets)
- lg: 992-1199px (Kleine Desktops)
- xl: 1200px+ (Große Desktops)

Layout-Anpassungen:

- **Mobile:** Vertikales Layout, Buttons unter dem Gitter
- **Tablet:** Seitliche Button-Anordnung möglich
- **Desktop:** Vollständige Interface-Elemente sichtbar

Performance-Anforderungen

Ladezeiten:

- **First Paint:** < 1 Sekunde
- **Interactive:** < 2 Sekunden
- **Bundle Size:** < 500KB compressed
- **Images:** WebP Format mit Fallbacks

Interaktivität:

- **Touch Response:** < 100ms Reaktionszeit
- **Animation:** 60fps für alle Übergänge
- **Memory Usage:** < 50MB RAM Verbrauch
- **Battery:** Optimiert für mobile Akkuleistung

Spielmechanik Details

Schwierigkeitsgrade

Einfach (Beginner):

- 36-46 vorgegebene Zahlen
- Logische Lösung ohne komplexe Techniken
- Durchschnittliche Spielzeit: 10-20 Minuten

Mittel (Intermediate):

- 28-35 vorgegebene Zahlen
- Erfordert grundlegende Lösungstechniken
- Durchschnittliche Spielzeit: 20-40 Minuten

Schwer (Advanced):

- 22-27 vorgegebene Zahlen
- Fortgeschrittene Lösungstechniken nötig
- Durchschnittliche Spielzeit: 40-80 Minuten

Experte (Expert):

- 17-21 vorgegebene Zahlen
- Komplexe Lösungsstrategien erforderlich
- Durchschnittliche Spielzeit: 60+ Minuten

Hilfsfunktionen

Intelligente Hinweise:

- **Nächster logischer Zug:** Zeigt das nächste eindeutige Feld
- **Technik-Hinweis:** Erklärt die verwendete Lösungstechnik
- **Bereichshinweis:** Markiert relevante Zeile/Spalte/Quadrat
- **Konflikt-Erkennung:** Zeigt fehlerhafte Eingaben sofort an

Lösungsunterstützung:

- **Auto-Notizen:** Generiert automatisch mögliche Kandidaten
- **Highlighting:** Markiert zusammenhängende Felder
- **Fortschrittsanzeige:** Prozentuale Vervollständigung
- **Schwierigkeitsanpassung:** Dynamische Hinweis-Häufigkeit

Validierung und Feedback

Echtzeit-Validierung:

- **Sofort-Prüfung:** Eingaben werden beim Tippen validiert
- **Visuelle Kennzeichnung:** Fehler werden rot markiert
- **Konflikt-Highlighting:** Betroffene Felder werden hervorgehoben
- **Akustisches Feedback:** Fehler-Sound (optional deaktivierbar)

Erfolgs-Feedback:

- **Fertigstellung:** Spezielle Animation bei Rätsel-Lösung
- **Zwischenerfolge:** Feedback bei Quadrat-/Zeilen-Vervollständigung
- **Statistik-Update:** Automatische Aktualisierung der Spielerstatistiken
- **Belohnungssystem:** Punkte für fehlerfreie Lösung

Accessibility (Barrierefreiheit)

Visuelle Accessibility

Farben und Kontraste:

- **WCAG 2.1 AA konform:** Mindestens 4.5:1 Kontrastverhältnis
- **Farbenblindheit:** Unterscheidbar ohne Farbwahrnehmung
- **High Contrast Mode:** Systemweiter Kontrast-Modus Unterstützung
- **Dark Mode:** Augenfreundlicher Dunkelmodus verfügbar

Motorische Accessibility

Eingabehilfen:

- **Große Touch-Targets:** Mindestens 44x44px für alle interaktiven Elemente
- **Tastaturnavigation:** Vollständige Bedienung ohne Maus möglich
- **Voice Control:** Unterstützung für Sprachbefehle (Browser-abhängig)
- **Switch Navigation:** Kompatibilität mit Switch-Control Geräten

Kognitive Accessibility

Benutzerfreundlichkeit:

- **Einfache Sprache:** Klare, verständliche Anweisungen
- **Konsistente Navigation:** Einheitliche Bedienelemente
- **Fehlertoleranz:** Undo/Redo für alle Aktionen
- **Hilfe-System:** Kontextuelle Hilfetexte und Tutorials

Speicherung und Persistierung

Browser Storage

LocalStorage Implementation:

- **Spielstand:** Automatisches Speichern alle 30 Sekunden
- **Einstellungen:** Benutzereinstellungen persistent speichern
- **Statistiken:** Spielerstatistiken lokal verwalten
- **Themen:** Gewählte Designs und Farbschemata

Datenstruktur:

// Beispiel Datenstruktur

```
{
  currentGame: {
    grid: Array[9][9],
    difficulty: "medium",
    startTime: timestamp,
    moves: Array[],
    notes: Object
  },
  settings: {
    theme: "light",
    soundEnabled: true,
    hintsEnabled: true,
    timerVisible: true
  },
  statistics: {
    gamesPlayed: number,
    gamesWon: number,
    bestTimes: Object,
    averageTimes: Object
  }
}
```

Backup und Synchronisation

Export/Import:

- **JSON Export:** Spielstände als Datei exportieren
- **Cloud Storage:** Optional Google Drive/iCloud Integration
- **QR Code:** Spielstand als QR Code teilen
- **URL Sharing:** Spezifische Rätsel per Link teilen

Qualitätssicherung

Testing Anforderungen

Funktionale Tests:

- **Unit Tests:** Sudoku-Logik und Validierung
- **Integration Tests:** UI-Komponenten Interaktion
- **E2E Tests:** Komplette Spielabläufe
- **Performance Tests:** Ladezeiten und Responsivität

Geräte Testing:

- **iPhone:** Safari Mobile (verschiedene Modelle)
- **Android:** Chrome Mobile (verschiedene Hersteller)
- **iPad:** Safari Tablet Modus
- **Desktop:** Alle Haupt-Browser
- **Accessibility:** Screen Reader Testing

Performance Metriken

Messbare Ziele:

- **Lighthouse Score:** > 90 in allen Kategorien
- **Core Web Vitals:** Grüne Bewertung
- **Bundle Size:** < 500KB gzipped
- **Time to Interactive:** < 2 Sekunden
- **Memory Usage:** < 50MB durchschnittlich

Erfolgsmetriken

Benutzerfreundlichkeit

Quantitative Metriken:

- **Vervollständigungsrate:** > 70% der gestarteten Spiele
- **Durchschnittliche Sitzungsdauer:** > 15 Minuten
- **Wiederkehrende Nutzer:** > 40% binnen einer Woche
- **Fehlerrate:** < 5% JavaScript Fehler

Qualitative Ziele:

- Intuitive Bedienung ohne Tutorial für > 80% der Nutzer
- Positive Nutzererfahrung auf allen Gerätekategorien
- Barrierefreie Zugänglichkeit für Nutzer mit Einschränkungen
- Reibungslose Performance auf Geräten ab 2 Jahre alt

Diese Spezifikation bildet die Grundlage für eine vollständige, benutzerfreundliche Sudoku-Webanwendung, die sowohl technische Exzellenz als auch hervorragende Benutzererfahrung auf allen Plattformen bietet.