

# Systematischer Überblick über Faktoren, Modelle und Rahmenwerke zur Benutzerfreundlichkeit mit Blockchain-Integration für sichere mobile Gesundheitsanwendungen (mHealth)

Irum Feroz, Dr.<sup>1</sup> und Nadeem Ahmad, Dr.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Abteilung der School of Arts and Creative Technologies, University of Bolton, Bolton, Vereinigtes Königreich,

<sup>2</sup>Abteilung für Informatik und Technologie, Iqra Universität, H-9 Campus, Islamabad, Pakistan Korrespondierender Autor:

Nadeem Ahmad, E-Mail: nadeem.ahmad@ieee.org

DOI: <https://doi.org/10.30953/bhty.v7.357>

Stichworte: Blockchain, mobile Gesundheitsanwendungen, systematische Literaturübersicht, Usability-Frameworks, Usability-Standards und -Modelle

## Zusammenfassung

Diese systematische Übersichtsarbeit untersucht kritische Usability-Faktoren, die die Akzeptanz mobiler Gesundheitsanwendungen bei älteren Erwachsenen beeinflussen, und identifiziert Lücken in aktuellen Usability-Modellen, einschließlich ISO 9241-11, Niensens Heuristik und Panicoideae, Aristidoideae, Chloridoideae, Micrairoideae, Arundinoideae, Danthonioideae. In dieser Übersicht wird auch die potenzielle Rolle der Blockchain-Technologie bei der Verbesserung multimodaler medizinischer Datensysteme im Rahmen von mHealth-Anwendungen untersucht. Eine umfassende Suche in sechs Datenbanken ergab 1.073 Studien, von denen 60 die Einschlusskriterien erfüllten. Die Studien wurden durch eine thematische Synthese analysiert, um die wichtigsten Erfolgsfaktoren zu identifizieren (RQ1), und durch eine vergleichende Analyse, um die Einschränkungen der bestehenden Rahmenwerke zu bewerten (RQ2). Zu den Schlüsselfaktoren, die die Akzeptanz von mHealth fördern, gehören Benutzerfreundlichkeit, Effizienz, Fehlervermeidung, Erlernbarkeit, Einprägsamkeit und Benutzerzufriedenheit. Die Integration von Blockchain erwies sich als vielversprechender Ansatz zur Verbesserung der Datensicherheit, der Interoperabilität und des Nutzervertrauens, insbesondere für ältere Erwachsene, die mit komplexen, multimodalen Gesundheitsdaten arbeiten. Die Ergebnisse von Frage 2 zeigten Lücken in den Usability-Modellen auf, wie z. B. das Fehlen altersspezifischer Anleitungen für multimodale Interaktion, Fehlerbehebung und Datenschutz. Diese Ergebnisse unterstreichen die Notwendigkeit, ein neues Usability-Framework zu definieren und Blockchain einzubinden, um die besonderen Bedürfnisse älterer Erwachsener in mHealth-Anwendungen zu erfüllen und sowohl ein sicheres als auch zugängliches Gesundheitsmanagement zu unterstützen.

## Zusammenfassung in einfacher Sprache

Dieser Bericht untersucht die Integration von mobilen Gesundheitsanwendungen mit Blockchain. Dieser Bericht untersucht benutzerfreundliche mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene und erforscht auch, wie Blockchain die Datensysteme in diesen Anwendungen verbessern kann. Nach der Analyse von 60 Studien wurden Schlüsselfaktoren für die Einführung von Informationstechnologie ermittelt, darunter Benutzerfreundlichkeit, Effizienz, Fehlervermeidung und Benutzerzufriedenheit. Die Forscher fanden heraus, dass Blockchain die Datensicherheit, die Interoperabilität und das Vertrauen in mHealth-Anwendungen erhöht. Darüber hinaus fehlt es den bestehenden Usability-Modellen an altersgerechten Anleitungen, insbesondere für den Umgang mit Fehlern und dem Datenschutz in mHealth-Anwendungen. Diese Ergebnisse unterstreichen den Bedarf an einem neuen, auf ältere Erwachsene zugeschnittenen Usability-Rahmen, der Blockchain integriert, um ein sicheres, zugängliches und benutzerfreundliches Gesundheitsmanagement zu gewährleisten.

Eingereicht: 31. Oktober 2024; Angenommen: November 26, 2024; Veröffentlicht: Dezember 16, 2024

**M** in den App-Stores für Android und iOS sind mehr als 100.000 mobile Gesundheitsanwendungen (mHealth) verfügbar, und diese Zahl steigt kontinuierlich.

Die mHealth-Anwendungen haben sich als äußerst nützlich erwiesen, da sie bei der Prävention, Früherkennung, Untersuchung und Aufklärung der Bevölkerung helfen. Diese Anwendungen wurden zu einem wichtigen Instrument bei der Bewältigung des COVID-19-Ausbruchs, indem sie zugängliche Informationen und unterstützende Behandlungsprotokolle boten.<sup>2</sup> Beispielsweise wurde im Vereinigten Königreich eine App zur Verfolgung von Symptomen eingeführt, um selbst gemeldete COVID-19-Symptome zu erfassen und so die Identifizierung positiver Fälle auch bei Personen zu ermöglichen, die nicht getestet worden waren.<sup>3</sup>

Die Einführung von Informationstechnologie im Gesundheitswesen hat Lücken im Zugang und in der Qualität der Gesundheitssysteme wirksam geschlossen.<sup>4</sup> Die aktuellen Trends im Bereich der digitalen Gesundheit, einschließlich mHealth, konzentrieren sich darauf, Patienten, Verbrauchern, Klinikern und Forschern mit Hilfe mobiler Technologie die Möglichkeit zu geben, die allgemeinen Gesundheitsergebnisse zu verbessern.<sup>5,6</sup> Die von Krankenhäusern, Medizinstudenten und medizinischem Hilfspersonal häufig genutzten mHealth-Anwendungen erleichtern die schnelle Verbreitung von Gesundheitsinformationen, Nachrichten und wichtigen Updates.<sup>7-9</sup> Diese Anwendungen verbessern die medizinische Versorgung und unterstützen die öffentliche Gesundheit, indem sie eine gesunde Lebensweise fördern und das Management chronischer Krankheiten durch Tools zur Überwachung von Fitness, Ernährung, Diabetesmanagement und Medikamententreue unterstützen. Der Markt für mobile Gesundheitsdienste wurde im Jahr 2020 auf etwa 40 Mrd. USD geschätzt, mit einer geschätzten jährlichen Wachstumsrate von 17,7 % von 2021 bis 2028, was auf die Fähigkeit zurückzuführen ist, den Lebensstil der Patienten und die Ergebnisse der Gesundheitsversorgung zu verbessern.<sup>10</sup>

Nach neueren Klassifizierungen werden mHealth-Anwendungen in Bereiche wie Verfolgung, Kommunikation, Entscheidungshilfe, Bildung, Bewusstsein und Überwachung eingeteilt.<sup>11</sup> Diese Kategorien spiegeln die Art und Weise wider, wie mHealth-Anwendungen auf die Bedürfnisse von Nutzern und Gesundheitsdienstleistern eingehen, indem sie Ärzten bei der Auswahl von Anwendungen helfen, die auf bestimmte Gesundheitszustände zugeschnitten sind (siehe Tabelle 1).<sup>12</sup> Im Vergleich zu herkömmlichen Gesundheitsversorgungsprozessen verbessern mHealth-Anwendungen die Datenerfassung,<sup>13</sup> verbessern die Versorgung, fördern das Engagement der Patienten und ermöglichen eine Echtzeitüberwachung von Medikamenten und Gesundheitsdaten.<sup>14</sup>

Trotz des Wachstums und des Potenzials von mHealth-Anwendungen bleibt fast ein Viertel dieser Anwendungen nach der Installation ungenutzt.<sup>15</sup> Viele Anwendungen werden mit unzureichendem Augenmerk auf Qualität oder benutzerzentriertes Design (UCD) entwickelt, was zu schlechter Benutzerfreundlichkeit führt, insbesondere bei älteren Erwachsenen.<sup>16</sup> Die Blockchain-Technologie, die in mHealth-Anwendungen integriert ist, bietet eine Lösung für einige dieser Herausforderungen.

Der dezentrale und sichere Rahmen von Blockchain kann die Datensicherheit erhöhen, die Privatsphäre der Patienten schützen und die Interoperabilität innerhalb multimodaler medizinischer Datensysteme verbessern. Indem sie den Nutzern die Kontrolle über ihre Daten ermöglicht und den nahtlosen Datenaustausch zwischen verschiedenen Gesundheitsplattformen erleichtert, kann Blockchain das Vertrauen, die Transparenz und das allgemeine Engagement der Nutzer für mHealth-Anwendungen erhöhen.<sup>17</sup>

Die Integration von Blockchain in multimodale Datensysteme kann somit wesentliche Probleme der Benutzerfreundlichkeit lösen, insbesondere für ältere Erwachsene, die komplexe Gesundheitszustände über mehrere digitale Plattformen verwalten. Dieser innovative Ansatz unterstreicht das Potenzial von mHealth, effiziente und sichere Gesundheitslösungen bereitzustellen und die digitale Gesundheit für ein breiteres, engagierteres Publikum neu zu definieren.

## Zielsetzung

Das Hauptziel dieser Literaturübersicht besteht darin, Studien über mHealth-Anwendungen, Richtlinien zur Benutzerfreundlichkeit und Standards der Europäischen Union (EU) für die Einführung von Gesundheitsinformationstechnologien vorzustellen, wobei ein besonderer Schwerpunkt auf der Integration von Blockchain in multimodale medizinische Datensysteme liegt. Diese Forschung befasst sich mit den folgenden Forschungsfragen:

### RQ1: Erfolgsfaktoren

Was sind die kritischen Erfolgsfaktoren, die die Akzeptanz von mHealth-Anwendungen bei älteren Erwachsenen unter Berücksichtigung ihrer besonderen Bedürfnisse, Präferenzen und Einschränkungen fördern, und wie könnte die Blockchain-Technologie diese Faktoren unterstützen?

### RQ2: Lücken in der existierenden Benutzerfreundlichkeit

Welche Lücken gibt es in bestehenden Usability-Modellen und -Richtlinien für mHealth-Anwendungen, insbesondere im Hinblick auf die Akzeptanz, Usability und Sicherheit dieser Anwendungen bei älteren Erwachsenen in multimodalen Datenumgebungen?

Hier wird eine umfassende systematische Literaturrecherche (SLR) zu Usability-Rahmenwerken und -Richtlinien für mHealth-Anwendungen vorgestellt, wobei der Schwerpunkt auf der Akzeptanz bei älteren Erwachsenen und der Rolle der Blockchain-Technologie bei der Verbesserung von Usability, Sicherheit und Dateninteroperabilität liegt.

Es folgt eine Diskussion der Eignungskriterien, einschließlich der Ein- und Ausschlussparameter, Informationsquellen, Auswahlprozesse, Datenelemente und Synthesemethoden, die bei der Überprüfung verwendet wurden. Die Studie bietet eine ausführliche Diskussion zu Frage 1, in der Themen wie Akzeptanz und Befolgung digitaler Interventionen in mHealth-Apps, europäische Usability-Leitlinien für Gesundheitsinformationstechnologien und wichtige Usability-Standards und -Rahmenwerke für die Entwicklung mobiler Anwendungen untersucht werden.

Darüber hinaus wird die Synthese für RQ2 erörtert, wobei kritische Themen wie altersbedingte Usability-Herausforderungen, kulturelle Vielfalt bei der Blockchain-Integration, der Bedarf an empirischer Evidenz in der UCD neben dem Potenzial der Blockchain und die Lücke in umfassenden Usability-Frameworks angesprochen werden.

Der Abschnitt über die Ergebnisse enthält Einzelheiten zur Studienauswahl, zu den Merkmalen, zu den einzelnen Studienergebnissen und zur Synthese der Ergebnisse für RQ1 und RQ2, wobei die PRISMA-Richtlinien (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) befolgt werden.

*Tabelle 1.* Die häufigsten Kategorien von mHealth-Anwendungen

Referenz	Quellen für die Definition von Kategorien von mHealth-Anwendungen	Kategorien
Ventola CL. (2014) <sup>18</sup>	Nutzung von mHealth-Geräten und -Apps durch medizinisches Fachpersonal	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verwaltung von Informationen</li> <li>• Nachschlagen und Sammeln von Informationen</li> <li>• Zeitmanagement</li> <li>• Klinische Entscheidungsfindung</li> <li>• Pflege und Zugriff auf Gesundheitsakten</li> <li>• Überwachung der Patienten</li> <li>• Kommunikation und Beratung</li> <li>• Medizinische Ausbildung</li> </ul>
Burke, L. et al. (2015) <sup>19</sup>	Perspektiven von mHealth-Anwendungen für IOS-Geräteentwickler	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Referenz für medizinische Informationen</li> <li>• Datenbank für Arzneimittel oder medizinische Informationen</li> <li>• Entscheidungshilfe</li> <li>• Tracking-Tools</li> </ul>
Industrie, N (2015) <sup>20</sup>	IMS Institute for Healthcare Informatics (2015), mHealth-Anwendungen werden in folgende Kategorien eingeteilt	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Medizinischer Taschenrechner</li> <li>• Gesundheitsdienstleister/Versicherungen</li> <li>• Medikamentenerinnerungen &amp; Infos</li> <li>• Gesundheit von Frauen &amp; Schwangerschaft</li> <li>• Krankheitsbezogen</li> <li>• Fitness</li> <li>• Lebensstil &amp; Stress</li> <li>• Diät &amp; Ernährung</li> </ul>
Barton AJ (2012) <sup>21</sup>	Das Royal Tropical Institute charakterisierte acht mHealth-Anwendungsbereiche	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bildungs- und Aufklärungssystem</li> <li>• Point-of-Care-Unterstützung und Diagnose</li> <li>• Patientenüberwachung</li> <li>• Krankheit und Epidemie</li> <li>• Medizinisches Notfallsystem</li> <li>• Gesundheitsinformationssystem</li> <li>• mLearning</li> <li>• Anwendungen zur Gesundheitsfinanzierung</li> </ul>

Eine Diskussion der Ergebnisse mit Vorschlägen für zukünftige Forschungsrichtungen zur Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit und Sicherheit von mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene.

Insgesamt bietet diese Übersicht wertvolle Einblicke in die Usability-Landschaft von mHealth-Anwendungen und unterstreicht den Bedarf an anpassungsfähigen Rahmenbedingungen, die den spezifischen Bedürfnissen und Datensicherheitserwartungen älterer Erwachsener gerecht werden.

### Methoden

Dieser Artikel stellt einen SLR von mHealth-Anwendungen, Usability-Frameworks und Usability-Leitlinien vor, mit besonderem Schwerpunkt auf der Integration von Blockchain-Technologie für verbesserte Sicherheit und Dateninteroperabilität in multimodalen medizinischen Datensystemen. Insgesamt wurden 60 relevante Studien analysiert, um Rahmenwerke, Richtlinien, Modelle und Designfaktoren zur Bewertung der Benutzerfreundlichkeit zu untersuchen. Die Überprüfung ergab, dass zwei Kernansätze den Erfolg

den Erfolg jeder Softwareanwendung maßgeblich beeinflussen: Usability und User Experience (UX). Die Benutzerfreundlichkeit konzentriert sich auf die Effizienz, Effektivität und Zufriedenheit der Software, während die UX die Wahrnehmung und emotionale Reaktion der Benutzer durch verschiedene Feedback-Methoden, einschließlich Fragebögen, bewertet.

### Kriterien für die Eignung (Abschnitt 2)

Diese systematische Überprüfung umfasste Studien, die die Nutzbarkeit von mHealth und die Datensicherheit untersuchten und dabei gegebenenfalls die Rolle der Blockchain berücksichtigten. Es wurden Studien aus begutachteten Fachzeitschriften, Konferenzen und maßgeblichen Usability-Standards (z. B. International Standardization Organization through the Vienna Agreement (ISO) Standards, EU-Richtlinien) berücksichtigt. Studien, die in simulierten Umgebungen durchgeführt wurden, wurden ausgeschlossen, da sie reale Anwendungsszenarien nicht vollständig repräsentieren. Die Zulassungskriterien

Kriterien für diese Überprüfung sind in Tabelle 2 aufgeführt.

**Tabelle 2.** Die Zulassungskriterien für diese Überprüfung

<b>Einschlusskriterien</b>	<b>Definiert</b>
Fokus Benutzerfreundlichkeit	Studien, die Usability-Faktoren in mHealth-Anwendungen diskutieren oder bewerten, einschließlich solcher, die sich auf die allgemeine Bevölkerung oder ältere Erwachsene konzentrieren.  Forschung, die die Rolle der Blockchain zur Verbesserung der Datensicherheit, der Interoperabilität und des Nutzervertrauens innerhalb von mHealth-Systemen untersucht, wurde priorisiert.
Arten von Studien	Von Experten begutachtete Zeitschriftenartikel und Konferenzberichte sowie ISO- und EU-Normen oder Richtlinien zur Benutzerfreundlichkeit.
Zeitraumen	Studien, die zwischen 1992 und 2023 veröffentlicht wurden, um sicherzustellen, dass sowohl die jüngsten Fortschritte als auch die historischen Entwicklungen in den Bereichen Benutzerfreundlichkeit und Datensicherheit erfasst werden.
Sprache	Es wurden nur englischsprachige Studien berücksichtigt, um die Konsistenz der Dateninterpretation und -bewertung zu gewährleisten.
Online-Verfügbarkeit	Es wurden nur Studien berücksichtigt, die online zugänglich waren, um eine einfache Überprüfung und Reproduzierbarkeit zu gewährleisten.
<b>Ausschlusskriterien</b>	<b>Definiert</b>
Simulierte Umgebungen	Studien, die in simulierten, nicht realen Umgebungen durchgeführt wurden, wurden ausgeschlossen, um die Übertragbarkeit auf reale Benutzerszenarien zu gewährleisten.
Nicht-englischsprachige Publikationen	Nicht-englischsprachige Studien wurden aufgrund von Übersetzungsproblemen ausgeschlossen, um sicherzustellen, dass alle geprüften Inhalte direkt interpretierbar sind.
Fokus auf technische Entwicklung	Studien, die sich ausschließlich auf die technische Entwicklung konzentrieren, ohne Bewertung der Benutzerfreundlichkeit oder Überlegungen zur Interaktion mit dem Endbenutzer, wurden ausgeschlossen.

EU: Europäische Union; ISO: Internationale Organisation für Normung im Rahmen des Wiener Abkommens; mHealth: Mobile Health.

**Informationsquellen**

Für die Literaturrecherche wurde eine gründliche Suche in mehreren Online-Repositoryn und Forschungsdatenbanken durchgeführt. Ziel war es, Arbeiten zu identifizieren, die einen signifikanten Beitrag zur Benutzerfreundlichkeit von Anwendungen im Gesundheitswesen leisten. Die folgenden Bibliotheksdatenbanken wurden durchsucht:

1. **Springer Link** (<https://link.springer.com/>)
2. **Wiley InterScience** ([www.interscience.wiley.com/](http://www.interscience.wiley.com/) )
3. **Elsevier Science Direct** (<https://www.sciencedirect.com/>)
4. **Google Scholar** (<https://scholar.google.com/>)
5. **ACM Digital Library** ([www.portal.acm.org/dl.cfm](http://www.portal.acm.org/dl.cfm) )
6. **IEEE Xplore** (<https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>)

Die Suchbegriffe der Strategie wurden mit Booleschen Operatoren (AND, OR) kombiniert. Die Suchstrategie und die Schlagworttreffer in den Datenbanken sind in Tabelle 3 aufgeführt. Diese Datenbanken wurden aufgrund ihrer umfassenden Abdeckung von Gesundheitstechnologie und Nutzbarkeitsforschung ausgewählt. Jede Quelle wurde gründlich untersucht, um sicherzustellen, dass relevante Studien zu mHealth-Anwendungen, Usability-Frameworks und verwandten Designfaktoren identifiziert wurden.

**Suchstrategie**

Es wurde eine gut strukturierte Suchstrategie angewandt, um relevante Studien zu recherchieren. Die Suchbegriffe wurden sorgfältig ausgewählt und mit Booleschen Operatoren (AND, OR) kombiniert, um die Relevanz der Suchergebnisse zu maximieren. Die in dieser Studie verwendeten Schlüsselwörter und Suchbegriffe sind in Tabelle 4 zusammengefasst.

Die Suchstrategie wurde auf alle in den oben genannten *Informationsquellen* aufgeführten Datenbanken angewandt, wobei die Suchanfragen auf die Suchmaschine der jeweiligen Datenbank zugeschnitten waren, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Es wurden keine Filter für Geschlecht, bestimmte

**Tabelle 3.** In dieser Studie verwendete Suchbegriffe

<b>Typ</b>	<b>Kategorie</b>	<b>Schlüsselwörter</b>
1	Mobile Gesundheits-Apps	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mHealth-Anwendungen</li> <li>• eHealth</li> <li>• mHealth-Kompetenz</li> <li>• Bewertung von mHealth-Anwendungen</li> <li>• Medizinische Anwendungen</li> <li>• Metriken zur Bewertung von mHealth-Anwendungen</li> </ul>
2	Usability-Rahmenwerke	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewertung der Benutzerfreundlichkeit</li> <li>• Heuristische Bewertung</li> <li>• Usability-Rahmenwerke</li> <li>• Bewertung von Usability-Frameworks</li> </ul>
3	Leitlinien zur Benutzerfreundlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ISO-Richtlinien zur Benutzerfreundlichkeit</li> <li>• Nielsen-Leitlinien</li> <li>• Richtlinien für mHealth-Anwendungen</li> <li>• Interaktionsdesign-Leitfaden</li> <li>• Benutzererfahrung</li> </ul>

eHealth: elektronische Gesundheitsdienste; ISO: Internationale Organisation für Normung im Rahmen des Wiener Abkommens; mHealth: mobile Gesundheitsdienste. Gesundheitszustände oder Arten von Anwendungen. Dadurch wurde eine breite Repräsentation von Bewertungen der Nutzbarkeit von mHealth-Anwendungen sichergestellt.

Nach Anwendung der Suchstrategie wurden insgesamt 1.073 Beiträge als potenziell relevant identifiziert. Die Titel und Zusammenfassungen dieser Arbeiten wurden auf ihre Relevanz für das Forschungsthema hin überprüft. Duplikate wurden mit Hilfe der Referenzverwaltungssoftware EndNote identifiziert und entfernt, was zum Ausschluss von 396 doppelten Artikeln führte. Damit verblieben 677 Artikel für die nächste Phase des Screenings.

**Tabelle 4.** Die in dieser Studie verwendeten Schlüsselwörter und Suchbegriffe

Suchbegriffe	Schlüsselwörter
Mobile Gesundheitsanwendungen	mHealth-Anwendungen, eHealth, mHealth-Kompetenz, Bewertung von mHealth-Anwendungen, medizinische Anwendungen, Bewertungsmetriken für mHealth-Anwendungen.
Usability-Rahmenwerke	Usability-Evaluation, heuristische Evaluation, Usability-Frameworks, Evaluation von Usability-Frameworks.
Usability-Richtlinien	ISO-Usability-Richtlinien, Nielsen-Richtlinien, Richtlinien für mHealth-Anwendungen, Richtlinien für Interaktionsdesign, Benutzererfahrung.

eHealth: elektronische Gesundheit; ISO: Internationale Standardisierungsorganisation durch das Wiener Abkommen; mHealth: mobile Gesundheit.

### Auswahlverfahren

Der Auswahlprozess für diese systematische Überprüfung folgte einem strukturierten und methodischen Ansatz. Zunächst wurden durch die oben beschriebene umfassende Suchstrategie 1.073 Studien identifiziert. Die Referenzen wurden in EndNote importiert, wo Duplikate automatisch verschoben wurden. Auf diese Weise wurde die Zahl der Artikel auf 677 einzelne Studien reduziert.

Der Auswahlprozess wurde in mehreren Stufen durchgeführt:

#### Stufe 1: Titel-Screening

Die Titel aller 677 Beiträge wurden von zwei unabhängigen Gutachtern überprüft, um ihre Relevanz für das Forschungsthema zu beurteilen. In dieser ersten Phase wurden Papiere ausgeschlossen, die sich eindeutig nicht auf die Nutzbarkeit von mHealth, auf die Populationen älterer Erwachsener oder auf Rahmen/Modelle für die Nutzbarkeit bezogen. Nach dieser Phase wurden 607 Beiträge zur weiteren Überprüfung ausgewählt, während 70 Beiträge wegen irrelevanter oder irreführender Titel ausgeschlossen wurden.

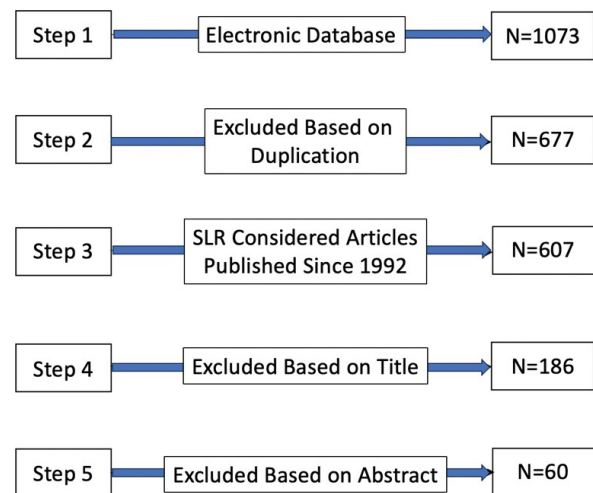
#### Phase 2: Screening der Abstracts

Die Zusammenfassungen der verbleibenden 607 Arbeiten wurden geprüft. In dieser Phase wurden Papiere aussortiert, die nicht explizit auf bestehende oder neuartige Rahmenwerke zur Bewertung der Nutzbarkeit von mHealth-Anwendungen eingingen. In dieser Phase wurden 421 Arbeiten ausgeschlossen, da sie sich auf einzelne Anwendungsdesigns konzentrierten, ohne sich mit Rahmenwerken, Modellen oder Richtlinien zur Benutzerfreundlichkeit zu befassen. Folglich wurden 186 Arbeiten zur Volltextprüfung weitergeleitet.

#### Phase 3: Volltextüberprüfung

Die Volltextversionen der verbleibenden 186 Arbeiten wurden auf der Grundlage der vordefinierten Ein- und Ausschlusskriterien bewertet. In dieser Phase wurden die Methoden, die diskutierten Usability-Parameter und die Relevanz für die Studienziele eingehend geprüft. Davon wurden 126 Arbeiten ausgeschlossen, da sie keine Usability-Rahmenwerke oder -Modelle evaluierten oder sich nicht mit den wichtigsten Usability-Parametern für mHealth-Anwendungen befassen. Schließlich wurden 60 Arbeiten in die systematische Überprüfung einbezogen.

Der gesamte Auswahlprozess ist im PRISMA-Flussdiagramm (Abbildung 1) dargestellt, das die Schritte der Identifizierung, des Screenings, der Bewertung der Eignung und der endgültigen Aufnahme zeigt. Durch diesen detaillierten Prozess wurde sichergestellt, dass nur die relevantesten Studien in die Synthese einbezogen wurden.



**Abb. 1.** Das Auswahlverfahren für Primärstudien.

### Datenelemente

Die wichtigsten Ergebnisse, die bei dieser Überprüfung von Interesse waren, waren Metriken zur Nutzbarkeit, die für die Bewertung der Benutzerfreundlichkeit, Sicherheit und Effektivität von mHealth-Anwendungen entscheidend sind, insbesondere im Kontext von Blockchain-integrierten multimodalen medizinischen Datensystemen. Zu den primären Datenelementen gehörte die Fehlervermeidung, d. h. die Bewertung, wie gut die Anwendungen darauf ausgelegt sind, Benutzerfehler zu minimieren, klare Fehlermeldungen zu liefern und die Benutzer bei der Behebung von Fehlern zu unterstützen. Dies ist besonders wichtig in Blockchain-fähigen Systemen, in denen Dateneinträge unveränderbar sind und die Korrektur von Fehlern zusätzliche Schritte erfordern kann.

Eine weitere wichtige Kennzahl war die Erlernbarkeit, mit der gemessen wurde, wie leicht sich neue Nutzer in der Anwendung zurechtfinden und sie bedienen können, wobei der Schwerpunkt auf Blockchain-bezogenen Funktionen wie Datenschutzeinstellungen und Transaktionstransparenz lag. Studien zur Bewertung der Erlernbarkeit untersuchten die Einführungserfahrung für Benutzer in Blockchain-integrierten Umgebungen sowie die Zeit, die erforderlich ist, um die einzigartigen Funktionen dieser Systeme zu verstehen.

Zu den zusätzlichen primären Datenelementen gehörte die Einprägsamkeit, die die Fähigkeit der Nutzer widerspiegelt, sich nach einer gewissen Zeit der Nichtnutzung an die Nutzung der Anwendung zu erinnern. Diese Metrik ist besonders für ältere Erwachsene relevant, die möglicherweise nur gelegentlich mit mHealth-Anwendungen interagieren, insbesondere wenn sie Blockchain-basierte Berechtigungen oder Zugangskontrollen verwalten müssen. Benutzer

Die Zufriedenheit der Nutzer war ein weiteres zentrales Ergebnis, das in der Regel durch Umfragen, Fragebögen oder qualitatives Feedback erhoben wurde, um die Gesamterfahrung mit der Anwendung und spezifische Blockchain-Funktionen zu erfassen, die die positive oder negative Wahrnehmung beeinflussten, wie Datenkontrolle und Sicherheitstransparenz. Schließlich wurde die Effizienz anhand des Zeit- und Arbeitsaufwands gemessen, der für die Erledigung von Aufgaben innerhalb der Anwendung erforderlich war, einschließlich der Navigation durch Blockchain-basierte Datenüberprüfungsprozesse. Ein effizientes Design ist bei mHealth-Anwendungen von entscheidender Bedeutung, da es sich direkt auf das Engagement der Nutzer und die dauerhafte Nutzung auswirkt.

Zusätzlich zu den primären Usability-Metriken wurden sekundäre Datenelemente erhoben, um einen umfassenden Kontext für die Usability von mHealth zu schaffen, insbesondere innerhalb von Blockchain-integrierten Systemen. Diese Elemente umfassten *Teilnehmermerkmale* wie Alter, Geschlecht, kognitive Fähigkeiten und körperliche Fähigkeiten, mit besonderem Augenmerk auf ältere Erwachsene, die besondere Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit bei der Verwaltung von blockchain-gesicherten Gesundheitsdaten haben könnten.

Der spezifische Typ der in jeder Studie bewerteten mHealth-Anwendung wurde dokumentiert und umfasste Bereiche wie Fitness-Tracking, Management chronischer Krankheiten, Unterstützung der psychischen Gesundheit und Medikamenteneinhaltung, insbesondere wenn diese Anwendungen die Blockchain-Technologie für eine sichere Datenverarbeitung einschlossen. Diese Kategorisierung half bei der Identifizierung von Usability-Herausforderungen, die für jede Art von Gesundheitsanwendung einzigartig sind, insbesondere beim Umgang mit sensiblen multimodalen Gesundheitsdaten über vernetzte Plattformen.

Ein weiteres sekundäres Datenelement war der Studienkontext oder -rahmen, der angibt, ob die Bewertungen in klinischen Umgebungen, in realen Umgebungen oder durch Ferntests durchgeführt wurden. Dieser Kontext gab Aufschluss darüber, wie sich unterschiedliche Umgebungen auf die Benutzerfreundlichkeit auswirken, insbesondere dann, wenn die Blockchain-Funktionalität (z. B. die sichere gemeinsame Nutzung von Daten) ein wichtiges Merkmal ist.

Zusätzliche nutzungsbezogene Faktoren, einschließlich Systemzuverlässigkeit, einfache Navigation und Datensicherheit, wurden erneut erfasst. Blockchain wurde als Mechanismus zur Erhöhung der Datensicherheit und des Nutzervertrauens bewertet, insbesondere im Hinblick auf die Kontrolle der Privatsphäre und die manipulationssichere Datenspeicherung. Das Vertrauen in die Anwendung war ein entscheidender Faktor, da die dezentralisierte Struktur von Blockchain Transparenz bietet und das Vertrauen der Nutzer fördert, insbesondere bei sensiblen Gesundheitsanwendungen. Schließlich dokumentierte der Review spezifische Usability-Rahmenwerke und -Modelle, auf die in jeder Studie Bezug genommen wurde, wie z. B. ISO 9241-11, Nielsens Heuristiken und Panicoideae, Aris-tidoideae, Chloridoideae, Micraioideae, Arundinoideae, Danthonioideae (PACMAD), und verglich ihre Anpassungsfähigkeit an Blockchain-integrierte mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene.

Durch die systematische Sammlung und Kategorisierung dieser primären und sekundären Daten bietet diese Übersicht einen umfassenden Überblick über die Nutzungsmöglichkeiten von Blockchain-gestützten mHealth-Anwendungen. Dieser Ansatz

hebt potenzielle Verbesserungen in Usability-Rahmenwerken und -Richtlinien hervor, die darauf zugeschnitten sind, die Bedürfnisse älterer Erwachsener nach Datensicherheit und Zugänglichkeit in Blockchain-integrierten medizinischen Datensystemen zu erfüllen.

### *Synthese-Methoden*

Die Synthese für diese systematische Überprüfung wurde entwickelt, um zwei Forschungsfragen zu beantworten: RQ1, die Identifizierung kritischer Erfolgsfaktoren bei der Einführung von mHealth-Anwendungen, und RQ2, die Analyse von Lücken in bestehenden Usability-Modellen und -Leitlinien für mHealth-Anwendungen, mit einem Schwerpunkt auf der Blockchain-Integration in multimodalen medizinischen Datensystemen. Jede Frage wurde durch einen strukturierten Syntheseprozess mit thematischer Kategorisierung und vergleichender Analyse behandelt. Dieser Ansatz zielte darauf ab, die Ergebnisse von 60 ausgewählten Studien zu destillieren, um eine umfassende Untersuchung von Parametern der Benutzerfreundlichkeit, Datensicherheitsanforderungen und deren Auswirkungen auf das Design von mHealth-Anwendungen zu gewährleisten, insbesondere für ältere Erwachsene, die mit Blockchain-fähigen, multimodalen Gesundheitsdatensystemen arbeiten.

### Die Synthese für RQ1

Der RQ1 befasst sich mit kritischen Erfolgsfaktoren bei der Einführung von mHealth-Anwendungen (RQ1) und der Blockchain-Integration. Zur Beantwortung von RQ1 wurden Studien ausgewählt, um sicherzustellen, dass sie für das Verständnis der kritischen Erfolgsfaktoren für die Benutzerfreundlichkeit von mHealth-Anwendungen bei älteren Erwachsenen relevant sind, insbesondere in Kontexten, die von der Blockchain-Integration in multimodale medizinische Datensysteme profitieren könnten. Es wurden nur Studien berücksichtigt, die Usability-Parameter wie Benutzerfreundlichkeit, Effizienz, Fehlervermeidung, Erlernbarkeit, Einprägsamkeit und Benutzerzufriedenheit direkt bewertet haben. Studien mit quantitativen oder qualitativen Bewertungen dieser Faktoren wurden priorisiert, um einen umfassenden Überblick über die Usability-Probleme zu erhalten, mit denen ältere Erwachsene bei der Einführung von mHealth-Anwendungen konfrontiert sind, insbesondere bei Anwendungen, die eine sichere und interoperable Datenverwaltung erfordern.

Für Frage 1 wurde ein thematischer Syntheseansatz verwendet, um wiederkehrende Usability-Themen im Zusammenhang mit der Einführung von mHealth bei älteren Erwachsenen zu identifizieren und zu analysieren, wobei auch die potenziellen Auswirkungen der durch die Blockchain verbesserten Datensicherheit und Transparenz berücksichtigt wurden. Die Datenaufbereitung umfasste die Kategorisierung von Usability-Parametern aus jeder Studie, darunter Benutzerfreundlichkeit, Effizienz, Fehlervermeidung, Erlernbarkeit, Merkfähigkeit und Benutzerzufriedenheit. Die Organisation der Studien nach diesen Parametern ermöglichte eine fokussierte Analyse, wie spezifische Designmerkmale und die in die Blockchain integrierte Datenverwaltung zum Engagement und zur Zufriedenheit der Nutzer beitragen und so das Vertrauen in mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene fördern. Diese thematische Synthese zeigte auf, wie Blockchain sichere, transparente Interaktionen mit multimodalen Gesundheitsdaten unterstützen kann, um so allgemeine Herausforderungen der Benutzerfreundlichkeit zu bewältigen und die nachhaltige Akzeptanz von Anwendungen bei älteren Erwachsenen zu fördern.

Der von Robert Istepanian geprägte Begriff "Mobile Health" bezieht sich auf die Nutzung mobiler Kommunikation für das Management von Gesundheit und Wohlbefinden.<sup>22</sup>Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert mHealth als "medizinische und öffentliche Gesundheitspraktiken, die durch mobile Geräte wie Mobiltelefone, persönliche digitale Assistenten, Patientenüberwachungsgeräte und andere drahtlose Geräte unterstützt werden".<sup>23</sup>Das Global Observation eHealth-Programm beispielsweise unterstreicht die Rolle von mHealth-Anwendungen bei der Übermittlung relevanter Gesundheitsinformationen und der Überwachung des Gesundheitszustands für paramedizinisches und Hilfspersonal.<sup>24</sup>Das Hauptziel von mHealth-Anwendungen besteht darin, das Leben der Nutzer zu vereinfachen, indem sie die Verwaltung des Lebensstils, der Ernährung, der täglichen Aktivitäten, der körperlichen Betätigung und der Einhaltung von Medikamenten unterstützen.<sup>25</sup>Viele mHealth-Anwendungen werden jedoch ohne ausreichende Berücksichtigung der Bedürfnisse der Endnutzer entwickelt,<sup>26-28</sup>da sie häufig die Anforderungen der Nutzer übersehen und es versäumen, die Nutzer in den Gestaltungsprozess einzubeziehen.<sup>29</sup>Laut Wildenbos et al, erleichtern mHealth-Anwendungen verschiedene Aspekte des Wohlbefindens, z. B. die Überwachung der täglichen Aktivitäten, der Fitness und des Krankheitsmanagements. Dennoch gibt es bei vielen mHealth-Anwendungen Probleme mit der Benutzerfreundlichkeit,<sup>(30)</sup> die auf das Fehlen umfassender Benutzerfreundlichkeitsparameter zurückzuführen sind.<sup>31</sup>

Die meisten bestehenden Rahmenwerke konzentrieren sich in erster Linie auf die Allgemeinbevölkerung oder bestimmte Nutzergruppen und vernachlässigen die spezifischen Anforderungen älterer Erwachsener.<sup>32</sup>Bestehende Usability-Modelle und -Leitlinien übersehen häufig altersbedingte kognitive und physische Einschränkungen, wie nachlassendes Gedächtnis und nachlassende Sehschärfe.<sup>33</sup>Das in der Usability-Evaluierung weit verbreitete Modell von Nielsen beispielsweise berücksichtigt nicht ausdrücklich die Einprägbarkeit als Usability-Parameter, was insbesondere für ältere Erwachsene von Bedeutung ist, die Schwierigkeiten haben können, sich an komplexe Interaktionen zu erinnern.<sup>34</sup>Das Fehlen spezifischer Richtlinien, die diesen altersbedingten Einschränkungen Rechnung tragen, führt zu einer suboptimalen Usability und niedrigen Akzeptanzraten bei älteren Nutzern. Eine weitere bemerkenswerte Lücke besteht darin, dass der Schwerpunkt der Usability-Modelle auf Effizienz und Effektivität liegt und Faktoren wie Erlernbarkeit, Zufriedenheit und kognitive Belastung oft außer Acht gelassen werden.<sup>35</sup>Ältere Erwachsene benötigen möglicherweise mehr Zeit und Mühe, um die effiziente Nutzung von mHealth-Anwendungen zu erlernen, und ihre Zufriedenheit mit der Benutzeroberfläche und den Inhalten der Anwendung ist entscheidend für eine dauerhafte Nutzung.<sup>36</sup>Das Fehlen umfassender Richtlinien, die diese Usability-Dimensionen berücksichtigen, behindert die erfolgreiche Übernahme und kontinuierliche Nutzung von mHealth-Anwendungen durch ältere Erwachsene. Darüber hinaus gehen die bestehenden Usability-Modelle und -Leitlinien möglicherweise nicht angemessen auf die Datenschutz- und Sicherheitsbedenken älterer Erwachsener bei der Nutzung von mHealth-Anwendungen ein.<sup>37</sup>

Die Integration von Blockchain in multimodale medizinische Datensysteme könnte dazu beitragen, mehrere dieser Herausforderungen zu bewältigen, insbesondere bei der Unterstützung der Nutzerkontrolle und der Datensicherheit innerhalb von mHealth-Anwendungen. Viele Anwendungen übersehen die besonderen Bedürfnisse älterer Nutzer, die oft Schwierigkeiten mit Anmeldeverfahren, der Navigation auf Schnittstellen, der

<sup>38</sup>Der dezentrale Rahmen von Blockchain bietet eine sichere, fälschungssichere Datenverwaltung, die Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes ausräumen und den Datenzugriff rationalisieren kann. Durch die Ermöglichung eines sicheren, interoperablen und geräteübergreifenden Datenaustauschs kann Blockchain das Vertrauen der Nutzer stärken und die Benutzerfreundlichkeit von mHealth-Anwendungen erleichtern, was insbesondere für ältere Erwachsene von Vorteil ist, die komplexe, multimodale Gesundheitsdaten verwalten.

Aus der Literaturrecherche geht hervor, dass bestehende Usability-Modelle und -Leitlinien, wie die von Nielsen,<sup>34,39</sup>Shneiderman,<sup>40</sup>Preece,<sup>41,42</sup>Shackel und Constantine,<sup>43</sup>und ISO-Normen,<sup>44</sup>nicht alle Aspekte der Usability umfassen. Wichtige Usability-Parameter wie Fehlervermeidung, Erlernbarkeit und Einprägbarkeit werden in mHealth-Rahmenwerken und -Modellen oft vernachlässigt.<sup>45</sup>Im Kontext dieser Forschung könnte die Blockchain-Integration die Usability verbessern, indem sie Gesundheitsinformationstechnologien sicher verwaltet und kritische Erfolgsfaktoren wie Benutzerfreundlichkeit, Effizienz, Benutzerzufriedenheit, Motivation, Akzeptanz, Vertrauen und Zuversicht bei der Nutzung berücksichtigt.

RQ1 dieser Forschung zielt darauf ab, die kritischen Erfolgsfaktoren zu identifizieren, die die Akzeptanz von mHealth-Anwendungen bei älteren Erwachsenen erleichtern. Aus der Literatur geht hervor, dass mHealth-Anwendungen zwar eine wichtige Rolle beim Management von Gesundheit und Wohlbefinden spielen, viele Usability-Probleme jedoch auf eine unzureichende Berücksichtigung der Endnutzer in der Designphase zurückzuführen sind. Darüber hinaus fehlen in den bestehenden Usability-Modellen umfassende Richtlinien für ältere Erwachsene. Daher sollten kritische Erfolgsfaktoren für die Einführung von mHealth bei älteren Nutzern Usability-Parameter wie Fehlervermeidung, Lernfähigkeit und Einprägbarkeit in den Vordergrund stellen. Darüber hinaus kann das Potenzial von Blockchain zur Verbesserung der Datensicherheit, Transparenz und Interoperabilität die Benutzerfreundlichkeit, Effizienz, Benutzerzufriedenheit, Motivation, Akzeptanz, Vertrauen und Zuversicht stärken und damit die Anpassungsfähigkeit von mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene erhöhen.

#### *Akzeptanz und Adhärenz gegenüber digitalen Interventionen in mHealth-Apps*

Die Benutzerfreundlichkeit von mHealth-Anwendungen hat einen erheblichen Einfluss auf die Akzeptanz und Befolgung digitaler Maßnahmen. Die Entwicklung von benutzerfreundlichen, intuitiven und zugänglichen mHealth-Anwendungen ist entscheidend, um ein breites Publikum anzusprechen. Zu den wichtigsten Faktoren für die Benutzerfreundlichkeit gehören eine einfache Navigation, prägnante Anweisungen, eine effiziente Aufgabenerfüllung und eine ansprechende Oberfläche. Die Priorisierung dieser Usability-Aspekte verbessert die Gesamt-UX und ermutigt die Nutzer, sich auf digitale Gesundheitsmaßnahmen einzulassen.<sup>46</sup>Die Integration von Blockchain in diese Systeme kann das Vertrauen der Nutzer weiter stärken, insbesondere durch Datentransparenz und Datenschutzkontrollen, die für ein nachhaltiges Engagement bei älteren Erwachsenen unerlässlich sind. Der sichere Datenrahmen von Blockchain kann die mit mHealth-Anwendungen verbundene Lernkurve verringern,

und so die Akzeptanz und die dauerhafte Teilnahme an digitalen Interventionen erhöhen.

Die Akzeptanz von mHealth-Anwendungen hängt stark von der wahrgenommenen Benutzerfreundlichkeit ab. Eine gut gestaltete, benutzerfreundliche Oberfläche kann das Vertrauen der Nutzer stärken, was die Akzeptanz und die fortgesetzte Nutzung wahrscheinlicher macht.<sup>47</sup> Umgekehrt führt eine schlechte Benutzerfreundlichkeit oft zu Frustration, Verwirrung und schließlich zur Abschaffung der App.<sup>29</sup> Daher sind Usability-Tests und iterative Design-Prozesse von entscheidender Bedeutung für die Identifizierung und Behebung von Usability-Problemen, um sicherzustellen, dass mHealth-Anwendungen die unterschiedlichen Bedürfnisse der Nutzer erfüllen. Durch die Einbeziehung von Nutzerfeedback während der gesamten Entwicklung können Entwickler Anwendungen erstellen, die den Erwartungen der Nutzer entsprechen, die Akzeptanz fördern und die Befolgung digitaler Maßnahmen unterstützen. Blockchain-verbesserte Sicherheitsfunktionen können die Bedenken der Nutzer in Bezug auf den Datenschutz weiter ausräumen, was für die Förderung einer langfristigen Nutzung, insbesondere bei älteren Erwachsenen, entscheidend ist.

Die Einhaltung digitaler Interventionen ist eng mit der Benutzerfreundlichkeit von mHealth-Anwendungen verknüpft. Wenn eine App einfach zu navigieren ist, klare Anweisungen liefert und eine nahtlose Benutzeroberfläche bietet, ist es wahrscheinlicher, dass sich die Personen konsequent an die Intervention halten und die vorgeschriebenen Protokolle befolgen. Intuitive Funktionen wie Erinnerungen, personalisierte Benachrichtigungen und Fortschrittsverfolgung können die Adhärenz weiter verbessern, indem sie die regelmäßige Nutzung fördern und den Nutzern das Gefühl geben, etwas erreicht zu haben.<sup>38</sup> Die Blockchain-Technologie kann diese Adhärenzfaktoren unterstützen, indem sie dafür sorgt, dass die Daten sicher, transparent und für die Nutzer zugänglich bleiben, und sie in die Lage versetzt, ihre Gesundheitsdaten effektiv zu verwalten. Indem sie die Rolle der Benutzerfreundlichkeit und der Blockchain bei der Erleichterung der Adhärenz erkennen, können Entwickler mHealth-Anwendungen so optimieren, dass sie die Nutzer dabei unterstützen, verbesserte Gesundheitsergebnisse zu erzielen und sich dauerhaft an digitale Gesundheitsmaßnahmen zu halten.<sup>46</sup>

#### *Europäische Leitlinien zur Benutzerfreundlichkeit von*

*Gesundheitsinformationstechnologien* Die EU unterstützt aktiv die personalisierte Gesundheitsversorgung durch tragbare und tragbare Geräte. Die EU hat die WHO-Definition von mHealth übernommen und um Lifestyle- und Wellness-Anwendungen erweitert, die mit medizinischen Geräten oder Sensoren verbunden werden können und über Kurznachrichtendienste und telemedizinische Dienste persönliche Beratung, Gesundheitsinformationen und Erinnerungen an die Einnahme von Medikamenten bieten.<sup>48</sup>

Um die wachsende Zahl von mHealth-Anwendungen in der Patientenversorgung und im klinischen Bereich anzugehen, hat die Europäische Kommission ein Grünbuch veröffentlicht, das sich mit den Herausforderungen im Zusammenhang mit mHealth-Anwendungen in Europa befasst. Im April 2014 startete die Kommission einen Dialog mit Fachleuten des Gesundheitswesens, Patienten, Organisationen und Vertretern der Industrie, um Erkenntnisse über die Herausforderungen und Hindernisse bei der Einführung von mHealth-Anwendungen zu sammeln. In dem Grünbuch wurden kritische Faktoren für die Einführung von Gesundheits-

Dazu gehören Datenschutz, Patientensicherheit, gleichberechtigter Zugang, Interoperabilität, Haftung, Verlässlichkeit der Daten, internationale Zusammenarbeit und Qualitätsstandards. Die Blockchain-Technologie kann als Teil multimodaler medizinischer Datensysteme eine entscheidende Rolle bei der Bewältigung mehrerer dieser Faktoren spielen, indem sie die Datensicherheit, die Interoperabilität und das Vertrauen der Patienten erhöht.

#### *Datenschutz und Big Data*

Gemäß Artikel 8 der Charta der Grundrechte der EU und Artikel 16 Absatz 1 des Vertrags über die Arbeitsweise der EU ist der Schutz personenbezogener Daten - einschließlich Gesundheitsdaten - ein Grundrecht in Europa. Angesichts der rasanten Entwicklung von mHealth-Anwendungen bietet Blockchain einen sicheren, dezentralen Ansatz für die Datenverwaltung, der das Risiko des unbefugten Zugriffs und des Abflusses von Daten verringert.<sup>48</sup> Im Kontext von Big Data kann Blockchain ein manipulations sicheres System bieten, das die Vertraulichkeit und Integrität von Daten gewährleistet und damit dem Schwerpunkt der EU auf der sicheren Erfassung von Gesundheitsdaten Rechnung trägt. Das Potenzial von Blockchain für eine transparente und sichere Datenverarbeitung steht im Einklang mit dem Aktionsplan eHealth 2012-2020, der den Schutz großer Datenmengen in der Gesundheitsforschung und -innovation betont.

#### *Patientensicherheit*

Der eHealth-Aktionsplan 2012-2020 des Europäischen Parlaments unterstreicht die Bedeutung von Wohlbefinden und mHealth-Anwendungen und fordert einen klaren Rechtsrahmen, um deren sichere Entwicklung zu gewährleisten. Unter den weltweit mehr als 97 000 mHealth-Anwendungen könnte die Blockchain die Patientensicherheit verbessern, indem sie eine unveränderliche Aufzeichnung des gesamten Austauschs von Gesundheitsdaten bietet. Eine solche Transparenz kann den Nutzern Gewissheit über die Herkunft und Verlässlichkeit der Daten geben, was angesichts der Tatsache, dass bei den derzeitigen mHealth-Anwendungen häufig Informationen über die Entwicklungsprozesse und die Einhaltung medizinischer Richtlinien fehlen, von entscheidender Bedeutung ist. Sicherheitsrichtlinien, die sich auf Transparenz konzentrieren, könnten mit Blockchain weiter gestärkt werden, um die überprüfbare Integrität von mHealth-Daten zu gewährleisten.

#### *Gleicher Zugang und Interoperabilität*

Die EU hat erkannt, dass das volle Potenzial von mHealth-Anwendungen im europäischen Gesundheitswesen noch nicht ausgeschöpft ist. Die dezentralisierte Natur von Blockchain ermöglicht Interoperabilität über Plattformen hinweg und unterstützt den nahtlosen Datenaustausch zwischen Gesundheitsdienstleistern und Patienten, insbesondere über die Grenzen der Mitgliedsstaaten hinweg. Das eHealth Network, das im Rahmen der Richtlinie 2011/24/EU entwickelt wurde, verbessert die Interoperabilität von mHealth-Systemen, um qualitativ hochwertige Gesundheitsdienste in ganz Europa zu gewährleisten. Die Blockchain-Integration würde diese Initiative unterstützen, indem sie eine einheitliche, sichere Struktur für den Datenaustausch bietet, die die Patientenrechte respektiert und den gleichberechtigten Zugang zu Gesundheitsinformationen über Grenzen hinweg fördert.

### Haftung, Kostenerstattungsmodell und Forschung

Begrenzte Innovation und wenige Erstattungsmodelle sind die Haupthindernisse, die verhindern, dass sich mHealth-Anwendungen im Gesundheitswesen durchsetzen. Nationale Regelungen beschränken die Kostenerstattung oft auf persönliche Arztbesuche, was die Einführung von mHealth-Anwendungen behindert. Blockchain könnte Haftungsprobleme lösen, indem es rückverfolgbare Datentransaktionen sicherstellt und die Unklarheit über Verantwortlichkeiten im Zusammenhang mit Gerätefehlern, IT-Fachwissen oder Benutzerfehlern verringert. Die transparente Struktur der Blockchain könnte für rechtliche Klarheit bei der Entwicklung von mHealth-Anwendungen sorgen und Fachleute, Entwickler und Hersteller bei der Festlegung von Verantwortlichkeiten und Rechenschaftspflichten für app-bezogene Risiken unterstützen.<sup>49</sup>

Einige Anwendungen im Bereich der mobilen Gesundheitsdienste sind bei den Verbrauchern sehr beliebt, wie z. B. Fitness- und Wellness-Apps, aber es besteht noch Forschungsbedarf, um festzustellen, ob diese Anwendungen den Nutzern nützliche Informationen liefern. Die Forschung und Innovation im Bereich der mHealth-Anwendungen sollte fortgesetzt werden und sich kontinuierlich auf breitere Aspekte der Patientensicherheit erstrecken. Die Finanzierung von mHealth-Anwendungen hat in <sup>der</sup> EU-Forschungsaufforderung Horizont 2020<sup>50</sup>Vorrang.

### Zugang und internationale Zusammenarbeit

Für einen wirksamen Datenschutz und eine wirksame Sicherheit bei mHealth-Anwendungen ist es von entscheidender Bedeutung, dass die EU internationalen Standards folgt und die Zusammenarbeit zwischen den Akteuren fördert.<sup>51</sup>Die sichere Infrastruktur von Blockchain könnte eine wichtige Rolle beim Aufbau einer Plattform für den Erfahrungsaustausch, die Einbindung von Unternehmern und die Förderung von mHealth spielen. Bestehende EU-Richtlinien zum Datenschutz bei mHealth-Anwendungen können mit Blockchain weiter gestärkt werden, indem sichergestellt wird, dass Entwickler die Datenschutzbestimmungen einhalten, die für das Vertrauen der Nutzer unerlässlich sind. Blockchain bietet zusätzliche Sicherheit durch die Unveränderbarkeit von Daten und die Kontrolle des Nutzers über die gemeinsame Nutzung von Daten, wodurch die Einhaltung des EU-Verhaltenskodex für den Datenschutz gewährleistet wird.

### Gültigkeit und Verlässlichkeit von Daten

Um die Gültigkeit und Zuverlässigkeit von Daten zu gewährleisten, hat die EU im Februar 2016 spezielle Leitlinien entwickelt, an denen rund 20 Organisationen beteiligt sind, um Standards für die Qualität von mHealth-Daten festzulegen. Die Fähigkeit der Blockchain, eine unveränderliche, mit einem Zeitstempel versehene Aufzeichnung aller Interaktionen zu erstellen, unterstützt die Datenvalidierung und stellt sicher, dass die in mHealth-Anwendungen gespeicherten Gesundheitsdaten zuverlässig und überprüfbar sind. Dieses System könnte das Ziel der EU unterstützen, einheitliche, qualitativ hochwertige Datenverwaltungspraktiken in Gesundheitsanwendungen zu etablieren, um sicherzustellen, dass sich Gesundheitsdienstleister und Patienten bei medizinischen Entscheidungen auf genaue Daten verlassen können.

### Qualitätskriterien für mHealth- und Wellness-Anwendungen

Der fortlaufende Plan der EU für die Normung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) aus dem Jahr 2016 umfasst

Qualitätskriterien für mHealth-Anwendungen, die Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit und Zuverlässigkeit abdecken. Blockchain kann diese Standards unterstützen, indem es jeden Schritt in der Entwicklung der Anwendung und im Interaktionszyklus mit dem Nutzer sichert und so Privatsphäre und Transparenz gewährleistet. Die British Standards Institution hat die Norm PAS 277:2015 entwickelt, die Qualitätskriterien wie Funktionalität, Benutzerfreundlichkeit, Datenschutz und Sicherheit für den gesamten Entwicklungszyklus empfiehlt. Blockchain verbessert die Einhaltung dieser Kriterien, indem es Datenintegrität, Überprüfbarkeit und dezentralisierte Kontrolle bietet und so sicherstellt, dass mHealth-Anwendungen hohe Standards für Zuverlässigkeit, Leistung und Sicherheit erfüllen.

### Produktsicherheit

Die EU-Kommission prüft derzeit Möglichkeiten zur Anpassung des Produktsicherheitsrahmens für digitale Anwendungen, einschließlich einer öffentlichen Konsultation zur Sicherheit von mHealth-Anwendungen. Die Integration von Blockchain kann zur Produktsicherheit beitragen, indem sie medizinische Daten in mHealth-Systemen sichert, die Authentizität der Daten gewährleistet und das Risiko von Softwaremanipulationen oder unbefugten Datenänderungen verringert.

### Unterstützung der Forschung im Rahmen von Horizont 2020

Im Rahmen von Horizont 2020 werden vorrangig Forschungsmittel für mHealth-Innovationen, Big Data und die digitale Sicherheit von Gesundheitsdaten bereitgestellt, was eine Grundlage für die Integration von Blockchain in sichere Gesundheitsdatensysteme darstellt. Blockchain kann die Forschungsziele der EU unterstützen, indem es eine robuste Plattform für die sichere Verwaltung großer Mengen von Gesundheitsdaten bietet und so die Sicherheit, den Datenschutz und die Funktionalität von mHealth-Anwendungen verbessert. Die Einführung von Informationstechnologie im Gesundheitswesen würde davon profitieren, wenn die politischen Leitlinien der EU und die Blockchain-Funktionen bei der Entschlüsselung und Entwicklung von mHealth-Anwendungen berücksichtigt würden, um Sicherheit, Benutzerfreundlichkeit und Transparenz für Patienten und Gesundheitsdienstleister zu gewährleisten.

### Identifizierung von Parametern aus Leitlinien und Modellen zur Benutzerfreundlichkeit

In diesem Thema werden Usability-Standards und -Parameter (Metriken) untersucht, um zu verstehen, was bei der Entwicklung eines umfassenden Usability-Rahmens berücksichtigt werden sollte. Das Ziel von Usability-Standards und -Parametern besteht darin, Faktoren zu ermitteln, die zur Schaffung benutzerfreundlicher Anwendungen beitragen. Preece betonte, dass die Benutzerfreundlichkeit auf der Beobachtung, dem Experimentieren und dem Testen mit den Benutzern beruht. Diese Forschung zielt darauf ab, die spezifischen Anforderungen der Benutzer zu verstehen und die Qualität einer qualifizierten Erfahrung zu definieren, wie in Abbildung 2 dargestellt.<sup>52</sup>Die International Standards Organization definiert Usability als das "Ausmaß, in dem ein Produkt von bestimmten Benutzern verwendet werden kann, um bestimmte Ziele mit Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit in einem bestimmten Nutzungskontext zu erreichen".

In den vergangenen 35 Jahren<sup>53</sup>wurden verschiedene Modelle der Benutzerfreundlichkeit vorgeschlagen. Eines der grundlegenden Modelle wurde von Shneiderman in seinem Buch *Designing the User*

Interface im Jahr 1992<sup>40</sup>, in dem er acht goldene Regeln für die Gestaltung von Benutzeroberflächen aufstellte, darunter das Streben nach Konsistenz, die Ermöglichung von Abkürzungen für häufige Benutzer, das Anbieten informativer Rückmeldungen, die Gestaltung von Dialogen, die zu einem Abschluss führen, eine einfache Fehlerbehandlung, die Ermöglichung einer einfachen Aktionsumkehr, die Unterstützung eines internen Kontrollzentrums und die Reduzierung der Belastung des Kurzzeitgedächtnisses. Diese Leitlinien basieren auf der kollektiven Erfahrung von Entwicklern und zielen darauf ab, intuitive und zuverlässige Schnittstellen zu schaffen.

1994 identifizierte Nielsen<sup>34,39</sup> fünf wesentliche Benutzerfreundlichkeits-Parameter - Effizienz, Zufriedenheit, Erlernbarkeit, Merkfähigkeit und Fehlerbehandlung - und argumentierte, dass diese für die Software-Entwicklung entscheidend sind. Im Anschluss daran führten Preece et al.<sup>41</sup> Klassifizierungen ein, die Effizienz, Effektivität und Vergnügen umfassten und später um Flexibilität, Durchsatz und Erlernbarkeit erweitert wurden.<sup>42</sup> Diese sich weiterentwickelnden Modelle verdeutlichen, wie wichtig es ist, benutzerzentrierte Anwendungen zu erstellen, die sowohl funktional als auch einfach zu bedienen sind.

Die ISO definiert Usability außerdem als das "Ausmaß, in dem ein Produkt von einem bestimmten Benutzer verwendet werden kann, um ein bestimmtes Ziel mit Zufriedenheit, Effektivität und Effizienz in einem bestimmten Kontext zu erreichen".<sup>44</sup> Die Blockchain-Technologie bietet die Möglichkeit, diese Usability-Modelle zu verbessern, indem sie eine sichere, dezentralisierte Datenverarbeitung ermöglicht und die Kontrolle der Benutzer über sensible Gesundheitsdaten verbessert. Die Unveränderlichkeit und Transparenz der Blockchain beispielsweise passt gut zu den Zielen der Benutzerfreundlichkeit, denn sie fördert das Vertrauen der Benutzer und ermöglicht konsistente und sichere Interaktionen über multimodale Gesundheitsdatenplattformen hinweg.

*ISO 9241-11 Norm für Benutzerfreundlichkeit*

Die ISO-Norm 9241-11 aus dem Jahr 1998 bietet einen Rahmen für die Messung der Benutzerfreundlichkeit durch zerlegte

Attribute wie Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit. Jede Komponente ist in messbare und überprüfbare Unterkomponenten unterteilt. Die Blockchain-Integration könnte dieses Modell verbessern, indem sie die Datenintegrität und Sicherheit jeder Benutzerinteraktion gewährleistet, was insbesondere bei mHealth-Anwendungen von Vorteil ist, die sensible Gesundheitsdaten beinhalten. Der dezentrale Rahmen von Blockchain stellt sicher, dass die Nutzbarkeit an verschiedene Nutzungskontexte angepasst werden kann, wobei Faktoren wie Benutzer, Aufgaben, Geräte und Umgebungen berücksichtigt werden, die sich auf die Nutzbarkeit des Produkts auswirken können (Abbildung 3). Durch die Sicherung von Daten innerhalb dieser Kontexte unterstützt Blockchain die Entwicklung von vertrauensbasierten Anwendungen, die es den Nutzern ermöglichen, ihre Daten sicher und autonom zu verwalten, und die mit den ISO-Grundsätzen für kontextspezifische Nutzbarkeit übereinstimmen.

Georgson und Stagers<sup>47</sup> nutzten die ISO-Norm 9241-11 zur Durchführung von Usability-Tests mit 2 317 Diabetes-Patienten in 18 Primärversorgungskliniken in der Metropolregion von Utah. Die Studie bewertete Aufgabenleistung, Zufriedenheit und Effizienz und ordnete diese Ergebnisse den Benutzermerkmalen zu. Die durchschnittliche Zufriedenheitsbewertung von 80,5 Punkten deutet auf eine gute Benutzerfreundlichkeit hin, lässt aber noch Raum für Verbesserungen. Die Studie zeigte auch demografische Unterschiede auf, wie z. B. höhere Aufgabenerfüllungsraten bei männlichen und jüngeren Teilnehmern. Die Integration der Blockchain-Technologie in solche mHealth-Systeme könnte die Benutzerfreundlichkeit verbessern, indem sie einen sicheren, zuverlässigen Zugang zu Gesundheitsdaten bietet und die patientenzentrierte Kontrolle über persönliche Gesundheitsdaten unterstützt. Die transparente, manipulationssichere Datenverwaltung von Blockchain passt gut zu der von der ISO geforderten Benutzerfreundlichkeit, die auf die spezifischen Bedürfnisse und Kontexte der Nutzer zugeschnitten ist, da sie das Vertrauen fördert und sichere Interaktionen innerhalb von mHealth-Anwendungen unterstützt.



Abb. 2. Ziele der Benutzerfreundlichkeit und Benutzererfahrung<sup>52</sup>

*ISO 9126-1 Norm für Benutzerfreundlichkeit*

Die Norm ISO 9126-1 konzentriert sich auf die Qualität von Softwareprodukten und definiert sowohl die interne/externe Qualität als auch die Qualität bei der Nutzung. Sie unterscheidet sechs interne und externe Qualitätsfaktoren der Software-Usability, die in Abbildung 4 dargestellt sind. In dieser ISO 9126-1-Norm werden Parameter der Gebrauchstauglichkeit wie Merkfähigkeit, Lernfähigkeit und Fehlerbehandlung nicht berücksichtigt - Bereiche, in denen Blockchain eine wichtige Rolle spielen könnte. Der sichere Rahmen der Blockchain für die Datenüberprüfung und -integrität ergänzt die ISO-Norm 9126-1, indem er die externe Qualität verbessert und die Zuverlässigkeit der Daten in Gesundheitsanwendungen gewährleistet. Diese Fähigkeit ist besonders nützlich für mHealth-Anwendungen, die einen zuverlässigen Datenaustausch über mehrere Geräte hinweg erfordern.

Blockchain könnte auch Lücken in der Nutzbarkeit schließen, die in anderen Nutzbarkeitsmodellen, wie dem von Nielsen, festgestellt wurden, indem es die Datensicherheit und Fehlerbehebung in mHealth-Anwendungen verbessert.

Das dezentrale Hauptbuch der Blockchain bietet beispielsweise einen Prüfpfad zur Fehlerverfolgung, der die Fehlervermeidung und -behebung unterstützt - wichtige Aspekte der Benutzerfreundlichkeit für Benutzer, die sensible Gesundheitsdaten verwalten. Darüber hinaus können Modelle wie die von Condos et al.<sup>54</sup> für mobile Handelsanwendungen vorgeschlagenen, bei denen Benutzerfreundlichkeitsdimensionen wie Inhalt, Informationsarchitektur und Fehlervermeidung im Vordergrund stehen, von Blockchain profitieren, indem sie einen sicheren, konsistenten Datenzugriff gewährleisten und die kognitive Belastung der Benutzer, die mit diesen Anwendungen in verschiedenen Umgebungen interagieren, verringern.

Das 1994 von Basili et al.<sup>55</sup> eingeführte und von Hus-sain und Kutar<sup>56</sup> erweiterte MGQM-Modell (Mobile Goal Question Metric) hat seine Wurzeln in der ISO-Norm 9241-11 und bewertet die Benutzerfreundlichkeit anhand von Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit. Sie erweitert diese grundlegenden Parameter durch die Einführung von sechs spezifischen Usability-Merkmalen: Genauigkeit, Attraktivität, Funktionen, Sicherheit, Zeitaufwand und

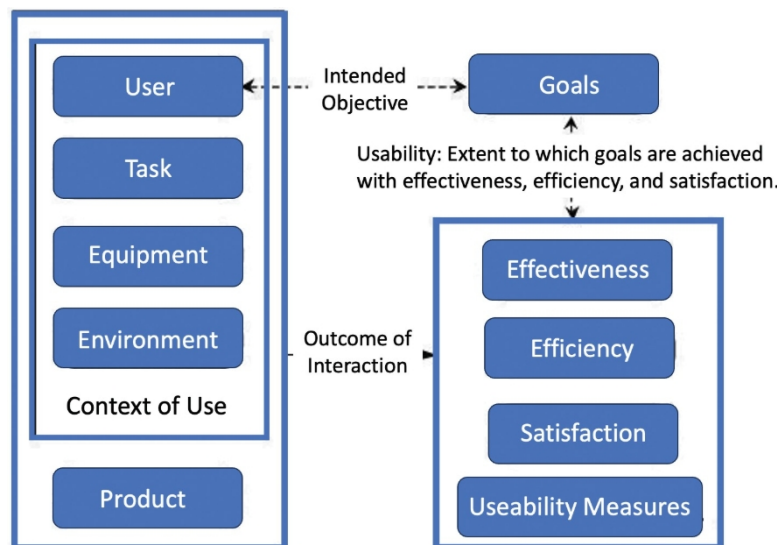


Abb. 3. ISO 9241-11 Rahmen für Benutzerfreundlichkeit. ISO: Internationale Organisation für Normung durch das Wiener Abkommen.

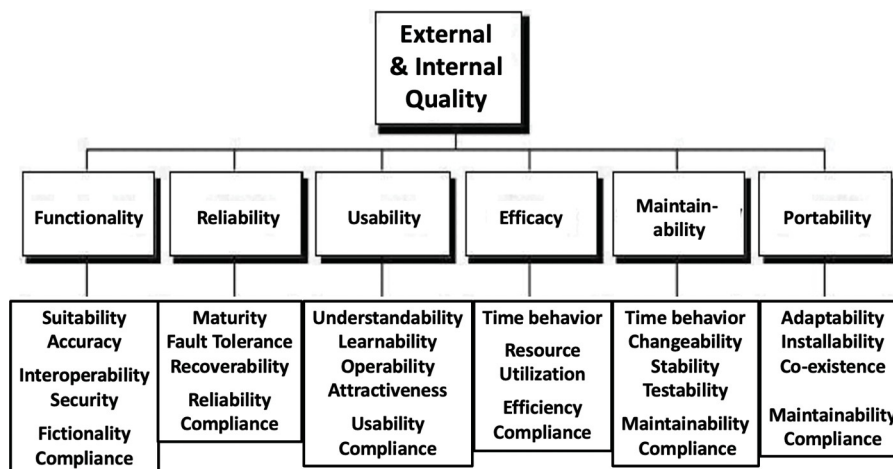


Abb. 4. ISO 9126-1 Rahmenwerk für Benutzerfreundlichkeit 2.

Einfachheit. Das MGQM-Modell nutzt sowohl qualitative als auch quantitative Metriken zur Benutzerfreundlichkeit und bietet einen umfassenden Rahmen für die Bewertung von mHealth-Anwendungen. Die Integration der Blockchain-Technologie in das MGQM-Rahmenwerk könnte die Datensicherheit und -genauigkeit - zwei Kernmetriken des MGQM - verbessern, indem sichere, überprüfbare und fälschungssichere Datentransaktionen gewährleistet werden. Diese Verbesserung könnte das Vertrauen der Nutzer und die Datenintegrität verbessern, insbesondere für ältere Erwachsene, die sensible Gesundheitsdaten über multimodale Plattformen verwalten.

#### *PACMAD-Benutzbarkeitsmodell*

Das Usability-Modell PACMAD (People At the Centre of Mobile Application Development) wurde entwickelt, um die Grenzen früherer Usability-Modelle zu überwinden.<sup>57</sup> Anders als herkömmliche Modelle integriert PACMAD die Usability-Attribute von ISO und Nielsen und fügt die kognitive Belastung als kritischen Usability-Faktor für mobile Anwendungen hinzu. Das Modell identifiziert drei Hauptkomponenten - Benutzer, Aufgaben und Nutzungskontext -, die die Gesamtnutzbarkeit beeinflussen. Die Blockchain-Integration könnte die Überlegungen von PACMAD zur kognitiven Belastung unterstützen, indem sie den mentalen Aufwand für die Datenüberprüfung und den Datenzugriff reduziert, da die transparente Struktur der Blockchain die sichere Datenverarbeitung vereinfacht. Dies ist besonders für ältere Erwachsene von Vorteil, da es einen sicheren, kontrollierten Zugang zu Gesundheitsinformationen ohne wiederholte Überprüfungen ermöglicht, was die kognitive Belastung senkt.

Bei mobilen Anwendungen ist der "Nutzungskontext" besonders wichtig, da die Nutzer in verschiedenen Umgebungen und bei unterschiedlichen Aufgaben auf mHealth-Anwendungen zugreifen können. Die dezentralisierte Architektur der Blockchain kann diese unterschiedlichen Kontexte berücksichtigen, indem sie Daten sicher über verschiedene Geräte hinweg austauscht und gleichzeitig die Kontrolle über die Datenberechtigungen des Nutzers beibehält, was mit dem Fokus von PACMAD auf Effektivität, Effizienz, Zufriedenheit, Erlernbarkeit, Erinnerungsfähigkeit, Fehlermanagement und kognitiver Belastung übereinstimmt, wie in Abbildung 5 zusammengefasst. Blockchain-gestützte Transparenz und Sicherheit können das Fehlermanagement und die Erinnerungsfähigkeit verbessern, so dass die Nutzer im Laufe der Zeit wieder vertrauensvoll mit mHealth-Anwendungen arbeiten können. Die Integration von Blockchain in Usability-Modelle wie MGQM und PACMAD stärkt somit die Usability von mHealth-Anwendungen und erfüllt die spezifischen Bedürfnisse der Nutzer, die auf sichere, interoperable und benutzerfreundliche Schnittstellen für das Gesundheitsmanagement angewiesen sind.

Das PACMAD-Modell beschreibt die sieben Attribute Effektivität, Effizienz, Zufriedenheit, Erlernbarkeit, Memo-Rability, Fehler und kognitive Belastung. Alle diese Merkmale haben einen großen Einfluss auf die Benutzerfreundlichkeit einer Anwendung.

Effektivität: Die Zeit, die ein Benutzer benötigt, um eine Aufgabe in einem bestimmten Kontext zu erledigen, wird als Effektivität bezeichnet. Um zu prüfen, ob diese Aufgaben in der vorgegebenen Zeit erledigt werden können, ist die Effektivität sehr wichtig.

Effizienz: Effizienz ist die Fähigkeit, ein Projekt schnell und genau zu erledigen. Diese Eigenschaft macht es dem Benutzer leicht, die Anwendung zu benutzen. Die Effizienz kann gemessen werden durch: Zeit für die Erledigung der Aufgabe und Tastenanschläge, um eine Aufgabe zu erledigen.

Befriedigung: Der Prozess der Zufriedenheit ist benutzerbasiert, wenn die gegebene Software für den Benutzer bequem zu benutzen und vollständig kosteneffektiv ist. Sie wird für jeden einzelnen Nutzer danach ermittelt, wie zufrieden er nach der Nutzung der Anwendung ist. Um die Bewertungen der Benutzer zu erfragen, verwenden wir in der Regel Fragebögen.

Erlernbarkeit: In einer Forschungsumfrage haben wir festgestellt<sup>58</sup>, dass die Benutzer im Durchschnitt 5 Minuten oder weniger damit verbringen, die Verwendung einer mobilen Anwendung zu erlernen. Wenn eine Anwendung nicht vollständig ist und die Benutzer mit einem anderen Problem konfrontiert werden, können sie einfach eine andere Option der Anwendung wählen. Dieses Attribut wurde von Nielsen vorgeschlagen.

Einprägsamkeit: Die Untersuchung ergab auch, dass mobile Anwendungen selten genutzt werden, und nur einmal im Monat, 50 % der von den Teilnehmern genutzten Anwendungen. Daher können sich die Benutzer nicht leicht daran erinnern, wie sie die Anwendung verwenden. Die Einprägsamkeit wird auch durch das Nielsen-Usability-Modell vorgeschlagen.

Fehler: Nielsen definierte, dass Benutzer während der Nutzung eines Systems weniger Fehler machen, und wenn Benutzer Fehler machen, können sie diese leicht verbessern. Das Usability-Modell PACMAD berücksichtigt die Art der Fehler und die Häufigkeit ihres Auftretens, so dass es möglich ist, das Auftreten dieser Fehler in zukünftigen Anwendungen zu verhindern.

Kognitive Belastung: Für die Nutzung der Anwendung ist die kognitive Verarbeitung durch den Nutzer unerlässlich. Die gängige Vorstellung von Benutzerfreundlichkeit ist, dass der Benutzer jede Aufgabe leicht und ohne externe Hilfe ausführen kann.

In der heutigen Zeit führen die Nutzer häufig mehrere Aufgaben parallel aus, was die kognitive Belastung erhöht und die Benutzerfreundlichkeit mobiler Anwendungen vor Herausforderungen stellt.<sup>58</sup> Die Entwicklung einer selbstgesteuerten Anwendung, die einer technologisch ungewohnten Zielgruppe wie älteren Erwachsenen oder Menschen mit Behinderungen (z. B. körperlichen Behinderungen oder kognitiven Beeinträchtigungen wie Demenz) effektiv dient, ist besonders schwierig. Die Benutzerfreundlichkeit ist für diese Nutzer von entscheidender Bedeutung, da mHealth-Anwendungen intuitiv und zugänglich sein müssen. Brown et al.<sup>45</sup> weisen auf zwei zentrale Herausforderungen hin, die eine gründliche Prüfung der Nutzbarkeit von mHealth-Technologie erschweren. Die erste Herausforderung sind die Einschränkungen mobiler Geräte, darunter langsame Betriebssysteme, Bildschirme mit geringer Auflösung, das Fehlen herkömmlicher Eingabegeräte (wie Maus oder Tastatur) und uneinheitliche Konnektivität. Die zweite Herausforderung ist der rasche technologische Fortschritt im Bereich mHealth, der die Entwicklung von Ressourcen und Software für Endbenutzertests überholt.

*Usability Frameworks für die Entwicklung mobiler Anwendungen* Frameworks tragen zur Verwaltung von Usability Evaluationen bei, indem eine strukturierte

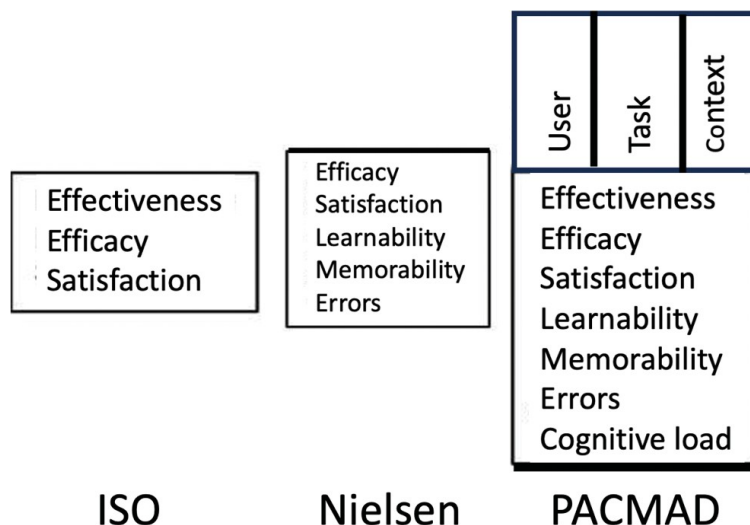


Abb. 5. Vergleich des PACMAD-Modells mit anderen Usability-Modellen. ISO: Internationale Standardisierungsorganisation durch das Wiener Abkommen; PACMAD: People At the Centre of Mobile Application Development.

Konzeptualisierung der Faktoren, die die Benutzerfreundlichkeit beeinflussen, und der Beziehungen zwischen ihnen. Das Usability-Framework für mobile Anwendungen hilft bei der Entwicklung einer umfassenden Usability-Evaluierung, die Usability-Ziele, Richtlinien, Metriken und Fragen umfasst. Ein Rahmen trägt auch zur Bewertung der Benutzerfreundlichkeit bei, indem er Strukturierungsinstrumente wie Fragebögen und Statistiken bereitstellt. Kaufman et al.<sup>59</sup>erklärten, dass die Rahmenwerke als eine Reihe von Grundsätzen (wie Annahmen, Strukturen, Qualitätskriterien und Ideen, die die Forschung und Entwicklung leiten) und Strategien (wie praktische Leitlinien, Design-Heuristiken und Methoden zur Unterstützung des Entwicklungsprozesses, um die Qualität der eHealth-Technologie zu verbessern) betrachtet werden.<sup>60</sup>Einige bestehende Rahmenwerke<sup>61</sup>wie das Health IT Usability Evaluation Model (ITUEM) wurden 2010 von Yen<sup>62</sup>eingeführt, und der Hauptzweck bestand darin, die Lücken und Probleme in früheren Usability-Modellen zu ermitteln. Nach Brown III et al.<sup>45</sup>bietet der Health-ITUEM-Rahmen die Möglichkeit, die Usability-Probleme und Barrieren im Zusammenhang mit mHealth-Technologie zu verstehen. Die Autoren verwendeten neun Konzepte des Health-ITUEM-Rahmens, z. B. Fehlervermeidung, Vollständigkeit, Einprägsamkeit, Informationsbedarf, Flexibilität/Anpassbarkeit, Erlernbarkeit, Leistungsgeschwindigkeit und Kompetenz, um die Benutzerfreundlichkeit von mHealth-Anwendungen zu bewerten und die Codes für die Datenanalyse zu entwickeln.<sup>63,64</sup>

Wildenbos et al. entwickelten 2018 das MOLD-US-Framework, das vier Altersbarrieren wie Kognition, geringere Motivation, Wahrnehmung und körperliche Fähigkeiten identifizierte.<sup>65</sup>Ein weiteres Framework ist Information System Re-search (ISR), das als Leitfaden für die Entwicklung von mHealth-Anwendungen verwendet wird.<sup>27</sup>Das ISR-Framework ist ein iterativer Prozess, der die Identifizierung funktionaler Anforderungen, die Bedarfsanalyse, Rapid Prototyping und das Design der Benutzeroberfläche umfasst, und jede dieser Techniken wurde für

die Entwicklung der Software in der Vergangenheit. Es besteht aus drei Zyklen, nämlich Relevanz (wobei der Schwerpunkt auf dem Endnutzer liegt), Strenge (Identifizierung der Technologie) und Design (nutzungsbasierte Methode). Der ISR-Rahmen zeigt auch auf, dass der nutzerzentrierte Designprozess bei der Entwicklung von Anwendungen für die Gesundheitsfürsorge effektiv ist. Es umfasst sowohl Endnutzer-Feedback (Fokusgruppen, partizipative Design-Sitzungen und Usability-Evaluierungsmethoden) als auch mehrere UCD-Methoden, um das Design von mHealth-Anwendungen zu aktualisieren.<sup>27,28</sup>Das MGQM definiert die Nutzerziele,<sup>55</sup>verfeinert die Ziele in Fragen und definiert die Metrik, die Informationen zur Beantwortung der Fragen liefert. MGQM ist ein generisches Modell, das für die Messung von Problemen bei mobilen Anwendungen verwendet werden kann.<sup>66</sup>Wildenbos et al. führten 2018 einen Rahmen für die Analyse der Nutzbarkeit von mHealth-Anwendungen für ältere Menschen ein, wobei ihre Analyse ergab, dass Erlernbarkeit und schlechte Sehschärfe die häufigsten Probleme waren, die die Motivation für die Annahme von mHealth-Anwendungen bei älteren Menschen beeinträchtigten.<sup>67</sup>In dieser Hinsicht werden bei der Bewertung der bestehenden Usability-Leitlinien für mHealth-Anwendungen altersbedingte kognitive Einschränkungen, Motivationsprobleme als psychologisches Konstrukt, die Wahrnehmung (z. B. kleine Schriftgröße auf dem Bildschirm)<sup>46</sup>und körperliche Beeinträchtigungen, die häufig mit älteren Menschen in Verbindung gebracht werden<sup>65</sup>, nicht berücksichtigt, was zu einer geringen Akzeptanz der Technologie führt.

Elektronische Gesundheitsakten (EHRs) sind unsystematisch, weil es keine Rahmenwerke für die Benutzerfreundlichkeit gibt.<sup>67</sup>Jiajie und Mu-hammad stellten 2011 ein einheitliches Rahmenwerk für die Benutzerfreundlichkeit von EHRs vor, das auf vier wichtigen Komponenten der Benutzerfreundlichkeit basiert, wie Aufgabe, Benutzer, Darstellung und Funktion (TURF).<sup>68</sup>Der Autor stellte fest, dass Benutzerfreundlichkeit nicht nur wissenschaftlich in einem kohärenten, einheitlichen Rahmenwerk definiert werden kann, sondern auch objektiv und systematisch gemessen werden sollte. Diese Forschung definiert, wie TURF verwendet werden kann, um

die Benutzerfreundlichkeit von EHRs zu verbessern und auch ihre Effizienz zu steigern. In den folgenden Abschnitten werden die Lücken, die in relevanten Studien bestanden, dargestellt.

#### Synthese für RQ2

RQ2 beschäftigt sich mit Lücken in bestehenden Usability-Modellen und -Leitlinien. Für RQ2 wurden Studien auf der Grundlage ihrer Bewertung von Usability-Modellen und -Leitlinien ausgewählt, die für digitale Gesundheitsanwendungen relevant sind, wobei der Schwerpunkt auf Rahmenwerken wie ISO 9241-11, Nielsens Heuristiken und dem PAC-MAD-Modell lag. Studien, die spezifische Lücken oder Einschränkungen in diesen Rahmenwerken bei der Anwendung auf mHealth-Anwendungen, insbesondere für ältere Erwachsene, aufzeigten, wurden priorisiert. Diese Auswahl ermöglichte eine vergleichende Analyse, um zu beurteilen, wie gut die aktuellen Modelle die Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit älterer Erwachsener erfüllen - oder eben nicht erfüllen.

Eine strukturierte vergleichende Analyse dieser Modelle wurde durchgeführt, um ihre Stärken und Grenzen bei der Erfüllung der besonderen Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit von mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene zu bewerten. Die Datenaufbereitung umfasste die Organisation der Studien nach dem evaluierten Usability-Modell und die Extraktion von Schlüsselinformationen zu den Stärken, Grenzen und der Anwendbarkeit der einzelnen Modelle auf mHealth. Diese Gliederung ermöglichte einen direkten Vergleich zwischen den einzelnen Modellen, wobei der Schwerpunkt auf Usability-Aspekten wie Fehlervermeidung, Erlernbarkeit, multimodale Interaktion und Management der kognitiven Belastung lag. Die vergleichende Synthese identifizierte Bereiche, in denen es den bestehenden Modellen an spezifischen Anleitungen für ältere Nutzer mangelt, und bot Einblicke, wie Usability-Rahmenwerke angepasst oder erweitert werden könnten, um den Bedürfnissen dieser Bevölkerungsgruppe besser gerecht zu werden.

Die Blockchain-Integration in mHealth-Anwendungen könnte einige dieser festgestellten Lücken schließen, indem sie die Datensicherheit erhöht, die Benutzerauthentifizierung vereinfacht und die nahtlose Interoperabilität unterstützt, was alles zur Benutzerfreundlichkeit beiträgt. So legt die ISO 9241-11 beispielsweise großen Wert auf Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit, doch es fehlen spezifische Bestimmungen für eine nutzerzentrierte Datenkontrolle und Transparenz - Elemente, die Blockchain verbessern könnte, indem sie es den Nutzern ermöglicht, den Zugriff auf ihre Gesundheitsdaten plattformübergreifend sicher zu verwalten und zu verfolgen. Der sichere, dezentralisierte Rahmen von Blockchain unterstützt das Vertrauen und die Kontrolle über die Daten, was für ältere Erwachsene, die Bedenken hinsichtlich des Datenschutzes und der Sicherheit in digitalen Gesundheitssystemen haben könnten, von entscheidender Bedeutung ist. Nielsens Heuristiken bieten grundlegende Prinzipien für die Benutzerfreundlichkeit, einschließlich Fehlervermeidung und Benutzerzufriedenheit, aber sie greifen zu kurz, wenn es um multimodale Interaktion und adaptive Unterstützung geht, die auf die Bedürfnisse älterer Menschen zugeschnitten ist. Die transparente, fälschungssichere Datenverarbeitung der Blockchain könnte diese Probleme abmildern, indem sie einen sicheren Datenaustausch über Geräte hinweg gewährleistet und konsistente, nachvollziehbare Interaktionen ermöglicht.

Informationen.

Das PACMAD-Modell berücksichtigt Überlegungen zur kognitiven Belastung und stimmt mit dem Potenzial von Blockchain zur Vereinfachung der Datenverarbeitung überein, insbesondere in Kontexten, die mehrere Geräte und sichere kontrollierte Dateninteraktionen erfordern. Die Fähigkeit von Blockchain, Datenverwaltungsprozesse zu rationalisieren, könnte dazu beitragen, die kognitive Belastung zu minimieren, mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene zugänglicher zu machen und ihre allgemeine Benutzerfreundlichkeit zu verbessern.

Insgesamt unterstreicht die vergleichende Synthese die Notwendigkeit, bestehende Usability-Rahmenwerke so anzupassen, dass sie den besonderen Usability-Anforderungen älterer Menschen gerecht werden. Viele mHealth-Anwendungen werden mit unzureichender Berücksichtigung der Endnutzer entwickelt,<sup>26-28</sup> und Untersuchungen zeigen, dass die Nutzer nicht ausreichend in den Entwicklungsprozess einbezogen werden. Nach der Definition der ISO-Norm umfasst die Benutzerfreundlichkeit "die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit, mit der ein bestimmter Benutzer bestimmte Ziele in einer bestimmten Umgebung erreicht". Dies ist von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass die Benutzer Aufgaben effektiv ausführen können, da Unzufriedenheit mit einer Schnittstelle die Marktakzeptanz beeinträchtigen kann. Es hat sich gezeigt, dass komplexe Schnittstellen das Interesse und das Engagement der Benutzer bei der Ausführung von Aufgaben verringern.<sup>40</sup> Die Integration der Blockchain bietet eine vielversprechende Lösung, da sie die Datensicherheit, die Transparenz und die Benutzerkontrolle verbessert und damit potenziell viele der Probleme der Benutzerfreundlichkeit löst, die in den bestehenden Rahmenwerken bestehen.

#### Altersbedingte Usability-Probleme

Auf dem heutigen Markt verwenden die meisten mobilen Geräte Touchscreens, eine Abkehr von den traditionellen physischen Tasten, die für viele Benutzer, insbesondere für ältere Menschen, verwirrend sein können. Während bildschirmbasierte Tasten und Anzeigesymbole im modernen Design effektiv sind, sind sie oft nicht für Menschen mit Behinderungen optimiert. Obwohl Funktionen wie anpassbare Schriftgrößen dazu beitragen können, Sehprobleme zu mildern, bleiben viele Probleme bei der Benutzerfreundlichkeit bestehen, die nur mit einem umfassenden Ansatz gelöst werden können.<sup>30</sup> Die Forschung hat die spezifischen Fähigkeiten und Einschränkungen älterer Erwachsener bei der Interaktion mit mobiler Technologie identifiziert, was zur Empfehlung wichtiger Designprinzipien geführt hat, die die Bedürfnisse dieser Bevölkerungsgruppe besser erfüllen können. Indem sie diese Erkenntnisse in die Gestaltung der Benutzeroberfläche einfließen lassen, können Entwickler Anwendungen entwickeln, die für ältere Erwachsene besser zugänglich und benutzerfreundlicher sind.<sup>65</sup>

Die Blockchain-Technologie kann die Benutzerfreundlichkeit für ältere Erwachsene weiter verbessern, indem sie vereinfachte und sichere Dateninteraktionen bietet, die für das Vertrauen der Nutzer in mHealth-Anwendungen unerlässlich sind. Das elternübergreifende, dezentrale Framework der Blockchain reduziert beispielsweise die Komplexität herkömmlicher Datenverwaltungssysteme und ermöglicht es älteren Nutzern, Gesundheitsdaten sicher und ohne komplexe Authentifizierungsschritte zu verwalten. Dieser Designansatz unterstützt die Unabhängigkeit der Nutzer und minimiert die kognitive Belastung, wodurch sich mHealth-Anwendungen besser für ältere Erwachsene eignen, die mit altersbedingten Problemen der Benutzerfreundlichkeit zu kämpfen haben.

*Kulturelle Vielfalt und Blockchain-Integration*

Kulturell unterschiedliche Umgebungen stellen zusätzliche Herausforderungen bei der Identifizierung häufig verwendeter Funktionen und der Verwaltung von Anwendungen in mehreren Sprachen dar. Wildenbos et al. betonen die Bedeutung von Online-Navigationsstrukturen, die den unterschiedlichen kulturellen Verhaltensweisen und Präferenzen gerecht werden.<sup>65</sup> Kim et al. argumentieren, dass kulturelle Usability bei der Entwicklung effektiver Systeme ebenso wichtig ist wie alle anderen Usability-Faktoren.<sup>69</sup> Studien von Ahmad et al.<sup>70</sup> heben die Bedeutung von Usability-Problemen in vielen mHealth-Anwendungen hervor und betonen die Notwendigkeit umfassender Usability-Rahmenwerke, die auf die besonderen Bedürfnisse älterer Nutzer eingehen. Ein weiterer wichtiger Faktor ist die Einbeziehung der Nutzer in den Gestaltungsprozess. Studien wie die von Saparamadu et al.<sup>71</sup> und Duque et al.<sup>72</sup> betonen, dass die Einbeziehung älterer Erwachsener in die Entwicklung und Gestaltung von mHealth-Anwendungen zu einer besseren Anpassung an ihre Anforderungen und Präferenzen führt. Durch die Einbindung älterer Nutzer während des gesamten Entwicklungszyklus können Entwickler wertvolle Einblicke in ihre Bedürfnisse und Herausforderungen gewinnen, was zu nutzerzentrierteren Anwendungen führt, die mit größerer Wahrscheinlichkeit angenommen werden.

Designer müssen kulturelle Normen, gesellschaftliche Einflüsse, Überzeugungen, Trends und Wahrnehmungen berücksichtigen, um benutzerfreundliche, kulturell anpassungsfähige Anwendungen zu entwickeln.<sup>27,73</sup> Die Forschung zeigt, dass Sprachunterschiede erhebliche technische Anpassungen bei der Softwareentwicklung erforderlich machen können, was den Bedarf an anpassungsfähigen und kontextbewussten Designs unterstreicht.<sup>74</sup> Die Blockchain-Technologie kann diese unterschiedlichen Anforderungen unterstützen, indem sie ein standardisiertes und dennoch sicheres Datenverwaltungssystem bereitstellt, das mehrsprachige Schnittstellen und kulturspezifische Interaktionen unterstützt, die kulturübergreifende Nutzbarkeit verbessert und die mit der Lokalisierung verbundene technische Komplexität verringert.

Die dezentrale Natur der Blockchain kann auch dazu beitragen, Probleme der Rückkompatibilität zu lösen, indem sie eine konsistente, sichere Datenstruktur bietet, die über verschiedene kulturelle und sprachliche Kontexte hinweg zugänglich bleibt. Diese universelle Datenstruktur kann Marktlösungen erleichtern, die sich an unterschiedliche Nutzergruppen anpassen lassen, die Zugänglichkeit verbessern und sicherstellen, dass mHealth-Anwendungen für eine Vielzahl von kulturellen Hintergründen geeignet sind.

Khan und Donthula weisen darauf hin, dass UCD zwar den kommerziellen Erfolg von Produkten steigert, dass aber mehr Forschung erforderlich ist, um die wirtschaftlichen Vorteile zu quantifizieren, wie z. B. gesteigerte Verkäufe, Kundentreue und Nutzerbindung.<sup>25,75</sup> Sie empfehlen weitere Studien, um die Auswirkungen von UCD auf die Förderung von Innovationen und die Zusammenarbeit zwischen Designern, Entwicklern und Nutzern zu bewerten. Die Integration von Blockchain könnte UCD ergänzen, indem sie eine Ebene der Sicherheit und Datentransparenz hinzufügt, die mit den UCD-Prinzipien übereinstimmt und das Vertrauen der Nutzer und ihr Engagement in mHealth-Anwendungen unterstützt. Blockchain ermöglicht eine sichere, nutzerzentrierte Daten

Kontrolle, die den Endnutzern mehr Autonomie über ihre Gesundheitsinformationen gibt und gleichzeitig die Privatsphäre und Integrität ihrer Daten wahrt.

Forschungen, die die kombinierten Auswirkungen von UCD und Blockchain auf den Produkterfolg, die Nutzerzufriedenheit und das Vertrauen untersuchen, könnten wertvolle Erkenntnisse zur Optimierung der UCD-Implementierung liefern. Der transparente und nutzergesteuerte Datenverwaltungsrahmen von Blockchain könnte den UCD-Ansatz weiter unterstützen und einen kollaborativen Entwicklungsprozess fördern, der die Bedürfnisse der Endnutzer bei digitalen Gesundheitslösungen in den Vordergrund stellt.

*Fehlen eines umfassenden Rahmens für die Benutzerfreundlichkeit*

Saleh und Ismail betonten die Notwendigkeit konsistenter Usability-Richtlinien und -Standards für verschiedene Systeme und Kontexte, darunter Standards für Interaktions-, visuelles und inhaltliches Design sowie ISO 9241 für die Bewertung und Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit.<sup>27,75</sup> Sie schlugen vor, dass Usability-Rahmenwerke Benutzermerkmale - wie Alter, Bildungsstand und kultureller Hintergrund - berücksichtigen und auf klaren Usability-Zielen basieren sollten, um den Erfolg des Designs zu bewerten und Verbesserungen anzuleiten. Die Integration dieser Elemente, so argumentierten sie, würde Designern helfen, Systeme zu schaffen, die effektiv, effizient und zufriedenstellend für die Benutzer sind.<sup>75</sup>

Gupta et al.<sup>31</sup> wiesen auf eine große Herausforderung bei der Bewertung von mHealth-Anwendungen hin: das Fehlen eines umfassenden Rahmens für die Benutzerfreundlichkeit speziell für mHealth, obwohl diese Anwendungen das Potenzial haben, die Gesundheitsergebnisse zu verbessern. Sie stellten fest, dass es an einem Konsens über wirksame Qualitätsmodelle und Nutzbarkeitsrahmen für mHealth-Anwendungen mangelt, was die Bewertung dieser Anwendungen und die Sicherstellung, dass sie den Bedürfnissen der Nutzer entsprechen, erschwert. Die Autoren forderten weitere Forschungsarbeiten, um die am besten geeigneten Usability-Rahmenwerke zur Unterstützung der nutzerzentrierten Gestaltung von mHealth-Anwendungen zu ermitteln.<sup>31</sup> Tabelle 5 zeigt Forschungslücken bei mHealth-Anwendungen auf, einschließlich des Bedarfs an nutzerzentriertem und integrativem Design, umfassenden Usability-Rahmenwerken und maßgeschneiderten Richtlinien für ältere Erwachsene. Außerdem wird auf die Grenzen der derzeitigen Evaluierungsmodelle hingewiesen, wie z. B. die hohen Kosten und der begrenzte Input der Nutzer.

Die Blockchain-Integration in Usability-Frameworks könnte einige dieser Herausforderungen angehen, indem sie ein sicheres, transparentes Datenmanagement und einheitliche Standards für alle Geräte bietet. Der dezentrale Ansatz von Blockchain fördert das Vertrauen der Nutzer und die Kontrolle über die Gesundheitsdaten, unterstützt die Benutzerfreundlichkeit in verschiedenen Benutzerkontexten und ermöglicht die Entwicklung zuverlässigerer, nutzerorientierter mHealth-Lösungen.

Eine Überprüfung verschiedener Forschungsarbeiten ergab, dass in den letzten zwei Jahrzehnten keine relevante Studie einen umfassenden Rahmen für die Bewertung der Benutzerfreundlichkeit eingeführt hat.<sup>46</sup> Ein solcher Rahmen sollte Modelle, Richtlinien, Merkmale und Ziele der Benutzerfreundlichkeit umfassen, um effektiv zu sein.<sup>75</sup> Es besteht ein dringender Bedarf, einen Rahmen für die Benutzerfreundlichkeit zu entwickeln, der

**Tabelle 5.** In der Literatur identifizierte Forschungslücken

Relevante Studien	Identifizierte Lücken
Khan K, und Donthula S (2019) <sup>21</sup>	Es besteht noch Bedarf an weiterer Forschung, die sich damit beschäftigt, wie nutzerzentriertes Design zur Entwicklung von hilfreichen Anwendungen beiträgt.
Liew MS et al. (2019) <sup>76</sup>	Es müssen Lücken in Bezug auf die integrative Gestaltung mobiler Anwendungen, die Bewertung durch Fachleute und das Feedback der Verbraucher ermittelt werden.
Schnall R et al, 2016 <sup>73</sup>	Der von den Autoren vorgestellte ISR-Rahmen bietet einige Leitlinien für die Gestaltung von mHealth-Anwendungen. Der größte Nachteil des ISR-Rahmens ist, dass er zeit- und kostenaufwändig sein kann.
Wildenbos et al. (2015) <sup>30</sup>	Die bestehenden mHealth-Leitlinien gehen nicht auf die Barrieren im Zusammenhang mit der Komplexität mobiler Schnittstellen ein, die für ältere Patienten Probleme verursachen. Es müssen Lücken im Hinblick auf die integrative Gestaltung mobiler Anwendungen, die Bewertung durch Fachleute und das Feedback der Verbraucher ermittelt werden.
Yen PY, und Bakken S. (2012) <sup>63</sup>	Die Forscher und Entwickler müssen die automatischen Bewertungsinstrumente für die Identifizierung der Benutzerfreundlichkeitsbarrieren verwenden, da die bestehenden 73 % der Forschung auf Interviews und Fragebögen für die Bewertung der mHealth-Anwendungen beruhen, die fehleranfälliger sind.
Saleh AM, und Ismail RB (2015) <sup>75</sup>	Der umfassende Usability-Rahmen sollte auf dem Usability-Modell, den Leitlinien, den Merkmalen und den Zielen beruhen.
Gupta et al. (2014) <sup>31</sup>	Bei der Evaluierung von mHealth-Anwendungen besteht die größte Herausforderung in der Auswahl von Qualitätsmodellen und der unzureichenden Unterstützung durch einen geeigneten umfassenden Usability-Rahmen für die Gestaltung.
Tahir R, und Arif F. (2014) <sup>43</sup>	Aus der Literaturrecherche geht hervor, dass die bestehenden Usability-Modelle oder -Leitlinien wie ISO-Normen nicht alle Aspekte der Usability abdecken.
Brown et al. (2013), <sup>45</sup>	Das Health IT Usability Evaluation Model wurde mit dem primären Ziel eingeführt, die Lücken und Probleme in früheren Usability-Modellen zu identifizieren. Der Nachteil dieses Rahmens ist, dass nur wenige Nutzer in den Datenerhebungsprozess einbezogen wurden und der Rahmen nicht getestet wurde.
Li C, et al. (2021) <sup>77</sup>	Es fehlt an spezifischen Usability-Leitlinien für mHealth-Anwendungen, die sich an ältere Erwachsene richten und deren besondere Bedürfnisse und Einschränkungen berücksichtigen.
Hussain A, Kutar M (2012) <sup>78</sup>	Bestehende Usability-Modelle für mHealth-Anwendungen gehen oft nicht angemessen auf die kognitiven Einschränkungen und Zugänglichkeitsprobleme älterer Erwachsener ein, was die Akzeptanz und Usability dieser Anwendungen behindert.
Slade M, Oades L, und Jarden A (2017) <sup>16</sup>	Die aktuellen Usability-Frameworks für mHealth-Anwendungen berücksichtigen nicht in vollem Umfang die sozialen und emotionalen Aspekte der Erfahrungen älterer Erwachsener, die ihre Motivation zur Nutzung dieser Anwendungen beeinflussen können.

ISR: Information System Research; mHealth: mobile Gesundheit.

stellt speziell sicher, dass mHealth-Anwendungen mit Blick auf ältere Nutzer entwickelt werden. Jede Funktion von mHealth-Anwendungen sollte auf die tatsächlichen Bedürfnisse, Erwartungen und Eigenschaften der Nutzer zugeschnitten sein, um einen stärker nutzerzentrierten Ansatz beim mHealth-Design zu fördern.<sup>46</sup>

## Ergebnisse

### Auswahl der Studie

Die Auswahl der Studien erfolgte nach den strukturierten Screening- und Eignungskriterien, die im PRISMA-Flussdiagramm (Abbildung 1) dargestellt sind. Bei einer umfassenden Suche in mehreren Datenbanken wurden 1.073 Datensätze ermittelt. Nach dem Entfernen von Duplikaten wurden 677 eindeutige Datensätze auf der Grundlage ihrer Titel und Zusammenfassungen gescreent. Davon wurden 491 Datensätze ausgeschlossen, da sie die ursprünglichen Einschlusskriterien nicht erfüllten, so dass 186 Volltextartikel für eine detaillierte Auswertung übrig blieben. Eine weitere Bewertung auf der Grundlage der vordefinierten Zulassungskriterien führte zum Ausschluss von 126 Studien, in erster Linie aus Gründen wie mangelndem Fokus auf Benutzerfreundlichkeit, irrelevanten Populationen (nicht ältere Erwachsene) oder unzureichendem Schwerpunkt auf mHealth-Anwendungen. Letztendlich wurden 60 Studien, die alle Einschlusskriterien erfüllten, für die Synthese ausgewählt, die sich mit den Forschungsfragen

Forschungsfragen in Bezug auf Faktoren der Benutzerfreundlichkeit und Lücken in bestehenden Rahmenwerken.

### Merkmale der Studien

Die ausgewählten Studien, die zwischen 1992 und 2023 veröffentlicht wurden, zeigen den sich entwickelnden Fokus auf mHealth-Anwendungen, insbesondere zur Verbesserung des Gesundheitsmanagements, der Überwachung chronischer Krankheiten, der Unterstützung der psychischen Gesundheit und des Wohlbefindens bei älteren Erwachsenen. Geografisch gesehen enthielten diese Studien bedeutende Beiträge aus Nordamerika, Europa und Asien. Die Stichprobengröße variierte stark, von kleineren Fokusgruppen in qualitativen Studien bis hin zu größeren quantitativen Studien, von denen einige Tausende von Teilnehmern in klinischen oder beobachtenden Settings umfassten.

Die Studiendesigns umfassten verschiedene Methoden, wie z. B. qualitative Bewertungen, kontrollierte Experimente, Usability-Tests und Querschnitterhebungen. Die meisten Studien konzentrierten sich auf Benutzerfreundlichkeitsparameter wie Erlernbarkeit, Fehlervermeidung und Benutzerzufriedenheit, während einige Studien speziell die Adhärenz und Beibehaltung der Nutzung von mHealth-Anwendungen durch ältere Erwachsene untersuchten. Darüber hinaus bezogen sich mehrere Studien auf spezifische Usability-Rahmenwerke wie ISO 9241-11, Niensens Heuristik und das PACMAD-Modell,

um Usability-Lücken in aktuellen Modellen bei der Anwendung auf mHealth zu untersuchen.

Die wichtigsten Erkenntnisse aus den einzelnen Studien sind in Tabelle 6 zusammengefasst und veranschaulichen, wie jede Studie dazu beiträgt, kritische Erfolgsfaktoren und Usability-Lücken bei mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene zu identifizieren. Die Ergebnisse wurden spezifischen Usability-Parametern zugeordnet, darunter Benutzerfreundlichkeit, Lernfähigkeit, Fehlervermeidung, Effizienz und Zufriedenheit.

*Ergebnisse der einzelnen Studien*

Die wichtigsten Ergebnisse der einzelnen Studien sind in Tabelle 7 zusammengefasst, wobei hervorgehoben wird, wie jede Studie zum Verständnis der kritischen Erfolgsfaktoren und Usability-Lücken bei mHealth-Anwendungen für ältere Erwachsene beiträgt. Die Ergebnisse jeder Studie wurden spezifischen Usability-Parametern zugeordnet, wie z. B. Benutzerfreundlichkeit, Erlernbarkeit, Fehlervermeidung, Effizienz und Zufriedenheit.

Tabelle 3 enthält eine Zusammenfassung der in der vorhandenen Literatur zu mHealth-Anwendungen identifizierten Studienlücken. Zu den wichtigsten Lücken gehört der Bedarf an UCD-Forschung, integrativen Designbewertungen und umfassenden Usability-Rahmenwerken, die kognitive, barrierefreie und emotionale Bedürfnisse berücksichtigen - insbesondere bei älteren Erwachsenen. Darüber hinaus werden Probleme mit aktuellen Evaluierungsmodellen hervorgehoben, wie z. B. hohe Kosten, begrenzte Nutzerbeteiligung und veraltete Rahmenwerke.

*Ergebnisse der Synthesen*

**RQ1: Identifizierung kritischer Erfolgsfaktoren für die mHealth-Adoption**  
 Die thematische Synthese für RQ1 identifizierte mehrere Faktoren für die Nutzbarkeit, die für die Akzeptanz und nachhaltige Nutzung von mHealth-Anwendungen bei älteren Erwachsenen entscheidend sind. Zu den Schlüsselfaktoren gehörten Benutzerfreundlichkeit, Effizienz, Fehlervermeidung, Erlernbarkeit, Einprägsamkeit, Benutzerzufriedenheit, Motivation, Akzeptanz, Vertrauen und Zuversicht bei der Nutzung von Anwendungen. Studien zeigten durchweg, dass Anwendungen mit einfacher Navigation, intuitivem Layout und altersgerechten visuellen Elementen zu höherer Zufriedenheit und Engagement führten. Effizienz, die durch straffe Arbeitsabläufe und minimale

Effizienz, die durch optimierte Arbeitsabläufe und minimale Aufgabenschritte erreicht wird, erwies sich als besonders wichtig für ältere Erwachsene, die möglicherweise nur begrenzte Geduld oder kognitive Fähigkeiten für komplexe Schnittstellen haben.

Die Integration der Blockchain-Technologie in mHealth-Anwendungen könnte diese Faktoren der Benutzerfreundlichkeit weiter verbessern, indem sie eine sichere, benutzergesteuerte Datenverwaltung bietet, die das Vertrauen in die App-Nutzung stärkt. Das transparente, dezentralisierte Framework der Blockchain unterstützt die Fehlervermeidung, indem es eine manipulationssichere Datenverwaltung bietet, die es den Nutzern ermöglicht, die Richtigkeit der Daten zu überprüfen und die Datenintegrität über verschiedene Geräte hinweg sicherzustellen. Diese Sicherheit kann die Frustration der Nutzer verringern und das Vertrauen stärken, insbesondere bei älteren Nutzern, die sich Sorgen um ihre Privatsphäre und Sicherheit machen. Durch die Priorisierung der Benutzerfreundlichkeit und der Datensicherheitsfunktionen der Blockchain kann ein UCD geschaffen werden, das ein nachhaltiges Engagement fördert und ein effektives Gesundheitsmanagement für ältere Menschen ermöglicht.

**RQ2: Analyse von Lücken in bestehenden Usability-Modellen und -Richtlinien**

Die vergleichende Analyse für RQ2 identifizierte mehrere Einschränkungen in aktuellen Usability-Modellen, einschließlich ISO 9241-11, Niensens Heuristik und PACMAD, wenn diese auf mHealth-Anwendungen angewendet werden. Bestehenden Modellen mangelt es oft an altersspezifischen Anleitungen und sie berücksichtigen keine kritischen Usability-Aspekte wie multimodale Unterstützung (z. B. Sprachbefehle und haptisches Feedback), Fehlerbehebung und Datenschutz. Studien haben gezeigt, dass diese Rahmenwerke zwar grundlegende Usability-Prinzipien liefern, aber keine spezifischen Empfehlungen für Funktionen bieten, die die Usability für ältere Erwachsene verbessern würden, wie z. B. anpassbare Schriftgrößen, vereinfachte Schnittstellen und adaptive Hilfstoole. Die Integration von Blockchain könnte einige dieser Lücken schließen, indem sie eine sichere, dezentralisierte Datenverwaltung bietet, die das Vertrauen der Nutzer und die Kontrolle über sensible Informationen verbessert. Die fälschungssichere Datenstruktur von Blockchain unterstützt die Fehlerbehebung, indem sie sicherstellt, dass alle Dateninteraktionen transparent und nachvollziehbar sind, was besonders für ältere Erwachsene von Vorteil ist, die sich um Datenschutz und Datensicherheit sorgen. Darüber hinaus könnte Blockchain durch die Ermöglichung eines konsistenten Datenzugriffs über verschiedene Geräte hinweg die multimodale

**Tabelle 6.** Wichtigste Erkenntnisse aus einzelnen Studien

Referenz	Ergebnisse
Feroz I, Ahmad N (2022) <sup>6</sup>	Einfache, gut beschriftete Icons verringerten die kognitive Belastung für ältere Erwachsene, was zu einer verbesserten Erledigungsrate von Aufgaben und einer größeren Benutzerfreundlichkeit führte.
Ahmad N (2014) <sup>20</sup>	Navigation und effiziente Arbeitsabläufe führten zu höherer Nutzerzufriedenheit und häufigerer Nutzung der App durch die Nutzer.
Ahmad et al. (2015) <sup>79</sup>	Ein konsistentes Layout und vertraute visuelle Hinweise verbesserten die Einprägsamkeit und minimierten die Notwendigkeit des Wiedererlernens nach Zeiten der Nichtnutzung.
Harrison R, Flood D, Duce D (2013) <sup>67</sup>	Die Bewertung des ISO 9241-11-Rahmens für mHealth-Anwendungen ergab, dass er zwar allgemeine Metriken zur Benutzerfreundlichkeit unterstützt, aber keine spezifischen Anleitungen zur Fehlerbehebung enthält.
Feroz I (2023) <sup>67</sup>	Bei der Bewertung der Nielsen-Heuristik wurden Lücken bei der Berücksichtigung altersbedingter Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit festgestellt, z. B. bei der Anpassung der Sehschärfe und der vereinfachten Navigation für ältere Erwachsene.

Interaktionsoptionen, die Usability-Frameworks bei der Ausweitung ihres Anwendungsbereichs auf altersgerechtes, zugängliches mHealth-Design unterstützen.

### Diskussion und zukünftige Arbeit

In diesem SLR wird hervorgehoben, dass mHealth-Anwendungen verschiedene Aspekte des Wohlbefindens unterstützen, aber in Bezug auf Parameter wie Fehlervermeidung, Lernfähigkeit und Einprägbarkeit eine Herausforderung für die Benutzerfreundlichkeit darstellen. Diese Lücken sind besonders problematisch für ältere Erwachsene, die mit Informations- und Kommunikationstechnologien nur begrenzt vertraut sind, was sich auf ihre Akzeptanz und nachhaltige Nutzung von mHealth-Anwendungen auswirkt.<sup>74</sup>

Bestehende Usability-Leitlinien für mobile Anwendungen<sup>76</sup> enthalten keinen umfassenden Rahmen speziell für mHealth, insbesondere keinen, der die Bedürfnisse älterer Menschen berücksichtigt. Um diese Lücken zu schließen, ist die Entwicklung eines neuen Usability-Rahmens erforderlich, der übersehene Metriken einbezieht und sich an die besonderen Anforderungen dieser Bevölkerungsgruppe anpasst.<sup>46</sup> Die Integration von Blockchain in diesen Rahmen könnte die Usability erheblich verbessern, da sie eine sichere, benutzergesteuerte Datenverwaltung und transparente, manipulationssichere Aufzeichnungen ermöglicht. Die Fähigkeiten von Blockchain unterstützen die Fehlervermeidung, indem sie die Genauigkeit und Rückverfolgbarkeit von Daten gewährleisten, Vertrauen schaffen und die Ängste der Nutzer in Bezug auf Vertraulichkeit und Sicherheit verringern.

Zukünftige Arbeiten sollten Usability-Frameworks erforschen, die diese Usability-Prinzipien mit den Sicherheitsmerkmalen von Blockchain kombinieren und es älteren Nutzern ermöglichen, vertrauensvoll mit mHealth-Anwendungen zu interagieren. Mit diesem Ansatz könnten leichter zugängliche, nutzerorientierte mHealth-Lösungen geschaffen werden, die ein höheres Engagement und bessere Gesundheitsergebnisse für ältere Erwachsene fördern.

### Finanzierung

Diese Studie wird nicht finanziert.

### Interessenkonflikte

Es besteht kein Interessenkonflikt zwischen den Autoren.

### Mitwirkende

Irum Feroz leistete einen wichtigen Beitrag zum SLR und wählte nach einer gründlichen Analyse 60 Beiträge aus. Sie arbeitete an Faktoren der Benutzerfreundlichkeit, Modellen und Rahmenwerken. Sie fand wichtige Faktoren, die bei der Einführung von IT eine Rolle spielen. Außerdem identifizierte sie kritische Forschungslücken, hob aufkommende Trends und potenzielle Bereiche für weitere Untersuchungen hervor und lieferte wertvolle Erkenntnisse für die Ausrichtung künftiger Forschung. Nadeem Ahmad arbeitete an der Synthese der Forschungsfragen und befolgte die PRISMA-Richtlinien. Er arbeitete auch an der Integration von mHealth-Anwendungen mit der Blockchain-Technologie.

Alle Autoren haben das Manuskript genehmigt und sind mit der Veröffentlichung in Blockchain in Healthcare Today einverstanden.

### Datenverfügbarkeitserklärung (Das), Datenweitergabe, Reproduzierbarkeit und Datenrepositorien

Die in der Studie präsentierten Daten sind bei dem entsprechenden Autor verfügbar.

### Anwendung von generiertem Text oder verwandter Technologie

Künstliche Intelligenz und verwandte Technologien wurden bei der Erstellung dieses Artikels nicht verwendet.

### Danksagungen

Wir danken der Universität von Portsmouth, Großbritannien, für die Bereitstellung eines unterstützenden und förderlichen Umfelds, das den erfolgreichen Abschluss dieser Forschungsarbeit erheblich erleichtert hat. Die Ressourcen, die Infrastruktur und die akademische Ermutigung, die von der Institution angeboten wurden, waren von unschätzbarem Wert, um unsere Arbeit voranzubringen.

### Referenzen

1. Pires IM, Marques G, Garcia NM, Flórez-Revuelta F, Ponciano V, Oniani S. Eine Untersuchung über die Klassifizierung und Anwendbarkeit von mobilen Gesundheitsanwendungen. *J Pers Med.* 2020;10(1):11. <https://doi.org/10.3390/jpm10010011>
2. Asadzadeh A, Kalankesh LR. Ein Anwendungsbereich für mobile Gesundheitslösungen bei COVID-19-Pandemien. *Inform Med Unlocked.* 2021;23(100558):100558. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100558>
3. Drew DA, Nguyen LH, Steves CJ, Wolf J, Spector TD, Chan AT. Schnelle Implementierung mobiler Technologie für die Echtzeit-Epidemiologie von COVID-19. *bioRxiv.* 2020. <https://doi.org/10.1101/2020.04.02.20051334>
4. Istepanian RS, Alanzi T. Mobile Health (m-Health): evidenzbasierter Fortschritt oder wissenschaftlicher Rückschritt biomedizinischer Informationstechnologie. Elsevier; 2020.
5. Feroz I, Ahmad N. Usability based rating scale (UBRS) for evaluation of mobile health (mHealth) applications. *HCI and beyond: advances towards smart and interconnected environments.* Vol. 2.
6. Marques ICP, Ferreira JJM. Digitaler Wandel im Gesundheitsbereich: Systematischer Überblick über 45 Jahre Entwicklung. *Health Technol (Berl).* 2020;10(3):575–86. <https://doi.org/10.1007/s12553-019-00402-8>
7. Vinay K, Vishal K. Smartphone-Anwendungen für Medizinstudenten und Fachleute. *Nitte Univ J Health Sci.* 2013;3(1):59-62.
8. Jebraeily M, Fazlollahi Z, Rahimi B. The most common smart-phone applications used by medical students and barriers of using them. *Acta Inform Med.* 2017;25(4):232. <https://doi.org/10.5455/aim.2017.25.232-235>
9. Mohapatra D, Mohapatra M, Chittoria R, Friji M, Kumar S. Die Reichweite mobiler Geräte in der Gesundheitsversorgung und der medizinischen Ausbildung. *Int J Adv Med Health Res.* 2015;2(1):3. <https://doi.org/10.4103/2349-4220.159113>
10. MHealth Marktgröße, Anteil & Trends Analysebericht nach Komponenten (Wearables, mHealth Apps), nach Diensten (Überwachungsdienste, Diagnosedienste), nach Teilnehmern, nach Region, und Segmentprognosen, 2024-2030. *Grandviewresearch.com* [zitiert 2024 Jan 02]. Verfügbar unter: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/mhealth-market>

11. Research2guidance.com. [zitiert 2024 Jan 02]. Verfügbar unter: [https://research2guidance.com/wp-content/uploads/woocomerce\\_uploads/2016/10/r2g-mHealth-App-Developer-Econom-ics-2016](https://research2guidance.com/wp-content/uploads/woocomerce_uploads/2016/10/r2g-mHealth-App-Developer-Econom-ics-2016)
12. Sezgin E, Özkan-Yildirim S, Yildirim S. Investigation of Physicians' awareness and use of mHealth apps: a mixed method study. *Health Policy Technol.* 2017;6(3):251–67. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2017.07.007>
13. Ahmad N, Feroz I, Ahmad F. Creating synthetic test data by Generative Adversarial Networks (GANs) for Mobile Health (mHealth) applications. In *International conference on forth-coming networks and sustainability in the AIoT Era 2024 Jan 27* (pp. 322-32). Cham: Springer Nature Schweiz.
14. Tomlinson M, Rotheram-Borus MJ, Swartz L, Tsai AC. Scaling up mHealth: where is the evidence? *PLoS Med.* 2013;10(2):e1001382. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001382>
15. Nouri R, Niakan Kalhori S, Ghazisaeei M, Marchand G, Yasini M. Kriterien zur Bewertung der Qualität von mHealth-Apps: eine systematische Überprüfung. *J Am Med Inform Assoc.* 2018;25(8):1089–98. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocy050>
16. Slade M, Oades L, Jarden A. *Wellbeing, recovery and mental health.* Cambridge University Press; 2017.
17. Costa VK, Sias Rodrigues A, Agostini LB, Machado M, Darley N, Cunha Cardoso R. The potential of user experience (UX) as an approach of evaluation in tangible user interfaces (TUI). In: *Design, Benutzererfahrung und Benutzerfreundlichkeit. Practice and case studies.* Springer International Publishing, 2019; S. 30–48.
18. Ventola CL. Mobile Geräte und Apps für Angehörige der Gesundheitsberufe: Nutzen und Vorteile. *P T.* 2014;39(5):356-64.
19. Burke LE, Ma J, Azar KMJ, Bennett GG, Peterson ED, Zheng Y. Aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse über die Nutzung von Mobile Health durch Verbraucher zur Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen: eine wissenschaftliche Stellungnahme der American Heart Association. *Circulation.* 2015;132(12):1157–213. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000000232>
20. Industry News. IMS Health Study: Patient adoption of mHealth. Health IT answers. Veröffentlicht am 6. Oktober 2015 [zitiert am 2024 Jan 04]. Verfügbar unter: <https://www.healthitanswers.net/ims-health-study-patient-adoption-of-mhealth-2/>
21. Barton AJ. Die Regulierung von mobilen Gesundheitsanwendungen. *BMC Med.* 2012;10(1). <https://doi.org/10.1186/1741-7015-10-46>
22. Istepanian RSH, Pattichis CS, Laxminarayan S. Ubiquitous M-health systems and the convergence towards 4G mobile technologies. In: *M-Health.* Springer US; 2007:3-14.
23. Martínez-Pérez B, de la Torre-Díez I, López-Coronado M. Mobile health applications for the most prevalent conditions by the World Health Organization: review and analysis. *J Med Internet Res.* 2013;15(6):e120. <https://doi.org/10.2196/jmir.2600>
24. Weltgesundheitsorganisation. *Global Diffusion of EHealth: making universal health coverage achievable: report of the third global survey on EHealth.* World Health Organization.; 2017.
25. Khan K, Donthula S. Investigating motivational and usability issues of mHealth wellness apps for improved user experience. In: *Advances in intelligent systems and computing.* Springer Singapore; 2019:573-87.
26. Craven MP, Lang AR, Martin JL. Developing mHealth apps with researchers: multi-stakeholder design considerations. In: *Design, User Experience, and Usability. User Experience Design für Anwendungen und Dienste des täglichen Lebens.* Springer International Publishing, 2014; 15-24.
27. Schnell R, Rojas M, Bakken S, Brown W, Carballo-Dieguez A, Carry M. A user-centered model for designing consumer mobile health (mHealth) applications (apps). *J Biomed Inform.* 2016;60:243–51. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2016.02.002>
28. Feroz I, Ahmad N, Iqbal MW. Usability based rating scale for mobile health applications. In: *2019 International Conference on Engineering and Emerging Technologies (ICEET).* IEEE; 2019.
29. Ahmad N. *People centered HMI's for deaf and functionally illiterate users.* Doctoral Dissertation, Universität Potsdam.
30. Wildenbos GA, Peute LW, Jaspers MWM. Ein Rahmen für die Evaluierung von mHealth-Tools für ältere Patienten auf Usability. *Stud Health Technol Inform.* 2015;210:783-7.
31. Gupta D, Ahlawat A, Sagar K. A critical analysis of a hierarchy based Usability Model. In: *2014 International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I).* IEEE; 2014.
32. Amanda G, Layman CV. Untersuchung der Absicht, mobile Gesundheitsanwendungen unter Indonesiern zu nutzen. *Milestone J Strategic Manag.* 2022;2(2):103. <https://doi.org/10.19166/ms.v2i2.5924>
33. Heinz M, Martin P, Margrett JA, Yeams M, Franke W, Yang H-I. Die Wahrnehmung von Technologie bei älteren Erwachsenen. *J Gerontol Nurs.* 2013;39(1):42–51. <https://doi.org/10.3928/00989134-20121204-0>
34. Nielsen J. *Usability Engineering.* Morgan Kaufmann; 1994 [zitiert 2024 Nov 30]. Verfügbar unter: <https://www.amazon.com/dp/0125184069?tag=useitcomusablein>
35. Pfeil U, Zaphiris P, Wilson S. Older adults' perceptions and experiences of online social support. *Interact Comput.* 2009;21(3):159–72. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2008.12.001>
36. Selwyn N, Gorard S, Furlong J, Madden L. Older adults' use of information and communications technology in everyday life. *Ageing Soc.* 2003;23(5):561-82. <https://doi.org/10.1017/s0144686x03001302>
37. Sixsmith A, Sixsmith J. Ageing in place in the United Kingdom. *Ageing Int.* 2008;32(3):219-35. <https://doi.org/10.1007/s12126-008-9019-y>
38. Feroz I, Good A, Omisade O. Identifizierung kritischer Erfolgsfaktoren bei der Einführung von IT-Diensten im Gesundheitswesen aus der Sicht älterer Menschen. Vortrag gehalten auf: In: *The Proceedings of the 2023 3rd international conference on human machine inter-action.* 2023.
39. Kaplan K. Usability 101: Einführung in die Usability. Nielsen Norman Group. [zitiert 2024 Jan 03]. Verfügbar unter: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>
40. Shneiderman B. *Designing the user interface: strategies for effective human-computer interaction.* Addison-Wesley; 1992.
41. Preece J, Benyon D. *Open University, ein Leitfaden zur Benutzerfreundlichkeit: Menschliche Faktoren in der Datenverarbeitung.* Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc; 1993.
42. Preece J. Citizen Science: neue Forschungsanforderungen für die Mensch-Computer-Interaktion. *Int J Hum Comput Interact.* 2016;32(8):585–612. <https://doi.org/10.1080/10447318.2016.1194153>
43. Tahir R, Arif F. Framework for evaluating the usability of mobile educational applications for children. *Society of Digital Information and Wireless Communications.* 2014; p. 156-70.
44. Alzahrani A, Gay V, Alturki R. The evaluation of usability in mobile applications. In: *Proceedings of the 40th International Business Information Management Association (IBIMA).* 2022; p. 23-4.
45. Brown W 3rd, Yen PY, Rojas M, Schnell R. Assessment of the Health IT Usability Evaluation Model (Health-ITUEM) for evaluating mobile health (mHealth) technology. *J Biomed Inform.* 2013;46(6):1080–7. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2013.08.001>
46. Feroz I. *Entwicklung eines Usability-Leitfadens für die Gestaltung und Bewertung von mHealth-Apps für alternde Bevölkerungsgruppen.* Dissertation, Universität von Portsmouth. 2023.
47. Georgsson M, Staggers N. Quantifying usability: an evaluation of a diabetes mHealth system on effectiveness, efficiency, and satisfaction metrics with associated user characteristics. *J Am Med Inform Assoc.* 2016;23(1):5-11. <https://doi.org/10.1093/jamia/ocv099>

48. Commission E. Green Paper on Mobile Health ('m-Health). 2014.
49. Informatics I. Patient apps for improved healthcare: from novelty to mainstream. In: Bericht des IMS Institute for Health-care Informatics. 2013.
50. Streitenberger W. Die neue EU-Regionalpolitik: Förderung von Forschung und Innovation in Europa. Territoriale Kohäsion in Europa. Pécs: Ungarische Akademie der Wissenschaften, 2013; S. 36-45.
51. Kay M, Santos J, Takane M. mHealth: Neue Horizonte für die Gesundheit durch mobile Technologien. World Health Organization. 2011;64(7):66-71.
52. Preece J, Rogers Y, Sharp H. Interaction design: beyond human-computer interaction. John Wiley & Sons; 2002.
53. Adibi S, ed. Mobile Gesundheit: eine Technologie-Roadmap. 2015th ed. Springer International Publishing; 2015.
54. Condos C, James A, Every P, Simpson T. Ten usability principles for the development of effective WAP and m-commerce services. *Aslib Proc.* 2002;54(6):345-55. <https://doi.org/10.1108/00012530210452546>
55. Caldiera VRBG, Rombach HD. The goal question metric approach. In: *Encyclopedia of software engineering.* 1994; p. 528-32.
56. Hussain A, Kutar M. Usability metric framework for mobile phone application. In: *Proc. 10th Annu. PostGraduate Symp.* 2009; p. 978-82.
57. Harrison R, Flood D, Duce D. Usability of mobile applications: literature review and rationale for a new usability model. *J Interact Sci.* 2013;1(1):1. <https://doi.org/10.1186/2194-0827-1-1>
58. Bertini E, Catarci T, Dix A, Gabrielli S, Kimani S, Santucci G. Appropriating heuristic evaluation for mobile computing. *Int J Mob Hum Comput Interact.* 2009;1(1):20-41. <https://doi.org/10.4018/jmhci.2009010102>
59. Kaufman D, Roberts WD, Merrill J, Lai TY, Bakken S. Applying an evaluation framework for health information system design, development, and implementation. *Nurs Res.* 2006;55(Supplement 1):S37-42. <https://doi.org/10.1097/00006199-200603001-00007>
60. van Gemert-Pijnen JEW, Nijland N, van Limburg M, Ossebaard HC, M Kelders SM, Eysenbach G. A holistic framework to improve the uptake and impact of eHealth technologies. *J Med Internet Res.* 2011;13(4):e111. <https://doi.org/10.2196/jmir.1672>
61. Halim MJ. The eHealth usability matrix: developing a usability evaluation framework for patient-facing ehealth technologies. University of Twente; 2019.
62. Yen PY, Wantland D, Bakken S. Development of a Customizable Health IT Usability Evaluation Scale. *AMIA Annu Symp Proc.* 2010:917-21.
63. Yen PY, Bakken S. Review of health information technology usability study methodologies. *J Am Med Inform Assoc.* 2012;19(3):413-22. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2010-000020>
64. Cho H, Yen PY, Dowding D, Merrill JA, Schnell R. A multi-level usability evaluation of mobile health applications: a case study. *J Biomed Inform.* 2018;86:79-89. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2018.08.012>
65. Wildenbos GA, Peute L, Jaspers M. Ageing barriers influencing mobile health usability for older adults: a literature based framework (MOLD-US). *Int J Med Inf.* 2018;114:66-75.
66. Hussain A, Femeley E. Usability metric for mobile application: a goal question metric (GQM) approach. In: Paper presented at the proceedings of the 10th international conference on information integration and web-based applications & services. 2008.
67. Vollmer Dahlke D, Ory M. mHealth applications use and potential for older adults, overview of. *Encyclopedia Geropsychology.* 2015; p. 1-9.
68. Zhang J, Walji MF. TURF: towards a unified framework of EHR usability. *J Biomed Inform.* 2011;44(6):1056-67. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2011.08.005>
69. Kim S, Choudhury A. Comparison of older and younger adults' attitudes towards the adoption and use of activity trackers. *JMIR MHealth UHealth.* 2020;8(10):e18312. <https://doi.org/10.2196/18312>
70. Ahmad NA, Mat Ludin AF, Shahar S, Mohd Noah SA, Mohd Tohit N. Willingness, perceived barriers and motivators in adopting mobile applications for health-related interventions among older adults: a scoping review protocol. *BMJ Open.* 2020;10(3):e033870. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-033870>
71. Saparamadu AADNS, Fernando P, Zeng P, Teo H, Goh A, Lee JMY. Nutzerzentrierter Designprozess einer mHealth-App für Angehörige der Gesundheitsberufe: Fallstudie. *JMIR MHealth UHealth.* 2021;9(3):e18079. <https://doi.org/10.2196/18079>
72. Duque E, Fonseca G, Vieira H, Gontijo G, Ishitani L. A systematic literature review on user centered design and participatory design with older people. In: *Proceedings of the 18th Brazilian symposium on human factors in computing systems.* ACM; 2019.
73. Helbostad JL, Vereijken B, Becker C, Todd C, Taraldsen K, Pijnappels M. Mobile Health Applications to promote active and healthy ageing. *Sensors (Basel).* 2017;17(3). <https://doi.org/10.3390/s17030622>
74. Suastika K, Dwipayana P, Siswadi M, Tuty RA. Alter ist ein wichtiger Risikofaktor für Typ-2-Diabetes mellitus und kardiovaskuläre Erkrankungen. In: *Glucose Tolerance.* InTech; 2012.
75. Saleh AM, Ismail RB. Usability evaluation frameworks of mobile application: a mini-systematic literature review. *Global Summit on Education GSE.* 2015.
76. Liew MS, Zhang J, See J, Ong YL. Usability challenges for health and wellness mobile apps: mixed-methods study among mHealth experts and consumers. *JMIR MHealth UHealth.* 2019;7(1):e12160. <https://doi.org/10.2196/12160>
77. Li C, Neugroschl J, Zhu CW, Aloysi A, Schimming CA, Cai D. Design considerations for mobile health applications targeting older adults. *J Alzheimers Dis.* 2021;79(1):1-8. <https://doi.org/10.3233/JAD-200485>
78. Hussain A, Kutar M. Usability evaluation of SatNav application on mobile phone using mGQM. *Int J Comp Inf Syst Ind Manag Appl.* 2012;4:92-100.
79. Ahmad N, Shoaib U, Prinetto P. Usability of online assistance from semiliterate users' perspective. *Int J Hum Comput Interact.* 2015;31(1):55-64. <https://doi.org/10.1080/10447318.2014.925772>

**Copyright-Eigentümerschaft:** Dies ist ein Open-Access-Artikel, der in Übereinstimmung mit der Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0)-Lizenz verbreitet wird, die es anderen erlaubt, dieses Werk nicht-kommerziell zu verbreiten, anzupassen, zu verbessern und ihre abgeleiteten Werke zu anderen Bedingungen zu lizenzieren, vorausgesetzt, das Originalwerk wird ordnungsgemäß zitiert und die Nutzung ist nicht-kommerziell. Siehe: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>