

Virtuelle Realität zur Verbesserung des Wohlbefindens im perioperativen stationären Aufenthalt bei kolorektalem Karzinom: eine randomisierte kontrollierte Machbarkeitsstudie

Julian Petzold

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Petzold, Julian. 2025. "Virtuelle Realität zur Verbesserung des Wohlbefindens im perioperativen stationären Aufenthalt bei kolorektalem Karzinom: eine randomisierte kontrollierte Machbarkeitsstudie." Augsburg: Universität Augsburg.



Aus der Klinik für Allgemein-, Viszeral und Transplantationschirurgie des
Universitätsklinikums Augsburg

**Virtuelle Realität zur Verbesserung des
Wohlbefindens im perioperativen stationären
Aufenthalt bei kolorektalem Karzinom: eine
randomisierte kontrollierte Machbarkeitsstudie**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Dr. med.

eingereicht an der

Medizinischen Fakultät der Universität Augsburg

von

Julian Quirin Petzold

Augsburg, 27.06.2024



Eidesstattliche Versicherung und Erklärung

Hiermit versichere ich an Eides statt, dass die vorliegende Dissertation von mir selbständig und ohne unerlaubte Hilfe angefertigt wurde. Zudem wurden keine anderen als die angegebenen Quellen verwendet. Außerdem versichere ich, dass die Dissertation keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt wurde und ich mich nicht anderweitig einer Doktorprüfung ohne Erfolg unterzogen habe.

Statutory declaration and statement

I declare that I have authored this thesis independently, that I have not used other than the declared sources/resources. As well I declare that I have not submitted a dissertation without success and not passed the oral exam. The present dissertation (neither the entire dissertation nor parts) has not been presented to another examination board.

Augsburg, 27.06.2024

Dissertation eingereicht am:	27.06.2024
Erstgutachter (Hauptbetreuer):	Herr Prof. Dr. med. Matthias Anthuber
Zweitgutachter:	Herr Prof. Dr. med. Marco Roos
Tag der mündlichen Prüfung:	06.03.2025

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	5
1.1	Epidemiologie und Management des kolorektalen Karzinoms.....	5
1.2	Das Wohlbefinden von Patienten mit KRK.....	7
1.3	Ansätze zur Verbesserung des Wohlbefindens bei KRK	9
1.4	Das Konzept der VR	10
1.5	VR-Systeme	11
1.6	VR in der Medizin	13
1.7	Unerwünschte Wirkungen von VR	15
1.8	Fragestellung.....	16
2	Material und Methoden	17
2.1	Studiendesign und Studienpopulation	17
2.2	VR-Interventionen	18
2.3	Musikinterventionen	21
2.4	Durchführung der Interventionen	21
2.5	Hygienekonzept.....	23
2.6	Datenerhebung	24
2.7	Datenmanagement.....	25
2.8	Statistische Methoden.....	25
2.9	Ethikvotum und klinische Registrierung	27
3	Ergebnisse.....	28
3.1	Rekrutierung.....	28
3.2	Charakteristika der Probanden und des stationären Aufenthalts.....	30
3.3	Teilnahmeverhalten und Sicherheit	33
3.4	Vitalparameter und Wohlbefinden vor und nach den Interventionen	34
3.5	Beschreibung des Wohlbefindens vor und nach den Interventionen	36
3.6	Funktionsskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 präoperativ	39

3.7	Veränderung der Funktionsskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2	41
3.8	Symptomskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 präoperativ.....	43
3.9	Veränderungen der Symptomskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2	44
3.10	Patientenzufriedenheit	47
4	Diskussion	48
4.1	Machbarkeit der VR-Interventionen im Kontext der Studienlage.....	48
4.2	Einfluss der VR-Interventionen auf das Wohlbefinden im Kontext der Studienlage ..	51
4.3	Limitationen der Machbarkeitsstudie.....	54
4.4	Schlussfolgerung und Ausblick.....	56
5	Zusammenfassung.....	59
6	Summary.....	60
7	Literaturverzeichnis.....	61
	Anhang	76
I	Abkürzungsverzeichnis	76
II	Abbildungsverzeichnis.....	77
III	Tabellenverzeichnis	78
IV	Danksagung.....	79
V	Eigene Veröffentlichungen	80

1 Einleitung

1.1 Epidemiologie und Management des kolorektalen Karzinoms

Das kolorektale Karzinom (KRK) ist in Deutschland und weltweit eine der häufigsten malignen Neoplasien (1, 2). Global wird auf Grundlage von Extrapolationen in den nächsten Jahrzehnten von einem Anstieg an Neudiagnosen ausgegangen (1). In Deutschland war die Inzidenz in den letzten Jahren gering abnehmend bei weiterhin circa 55.000 gestellten Erstdiagnosen im Jahr 2020 (2-4). Neben beeinflussbaren Risikofaktoren, wie Nikotinkonsum, Übergewicht und Bewegungsmangel, steigt die Inzidenz mit zunehmendem Alter entsprechend einem medianen Alter von 71 bis 75 Jahren bei Erstdiagnose (2, 5, 6).

In den letzten Jahrzehnten ist die relative 5-Jahres-Überlebensrate von Patienten mit KRK in Deutschland angestiegen. Wurde diese für den Zeitraum von 1988 bis 1990 auf knapp 50 % geschätzt, zeigen Daten für das Jahr 2020 einen Anstieg auf circa 64 % bis 66 % (2, 7). Während die relative 5-Jahres-Überlebensrate im Stadium I gemäß der Union internationale contre le cancer (UICC) bei etwa 92 % bis 94 % liegt, sinken die Prognosen im Stadium II, III und IV auf circa 82 % bis 86 %, 72 % bis 73 %, und 16 % bis 18 % (2). Demnach macht eine frühe Diagnose mit anschließender Therapie ein längeres Gesamtüberleben wahrscheinlicher. Aus diesem Grund bieten deutsche Krankenkassen seit einigen Jahren Beratungsangebote und Früherkennungsuntersuchungen für Versicherte je nach Alter und Risikofaktoren an, wie beispielsweise Tests auf okkultes Blut im Stuhl und Koloskopien (8).

Durch die Koloskopie können unter anderem Karzinomvorstufen entfernt oder auch die Diagnose KRK gesichert werden, woran sich das Staging anschließt (9). Dabei wird auch die Grenze zum gesunden Gewebe erfasst, welche relevant für die Unterteilung des KRK in Rektum- und Kolonkarzinom ist. Gemäß der deutschen S3-Leitlinie liegen Rektumkarzinome zwischen dem Analkanal und den ersten 16 cm oralwärts der Anokutanlinie, während sich davon oralwärts bis zur Ileozäkalklappe die Kolonkarzinome befinden (10). Etwa jedes dritte KRK ist im Rektum lokalisiert, während Kolonkarzinome am häufigsten im Colon sigmoideum und Caecum vorkommen (11). Bei etwa jedem fünften bis sechsten Patienten liegt bei Erstdiagnose eine hepatische Fernmetastasierung vor, weshalb zur Stadieneinteilung eine Ausbreitungsdiagnostik über den Lokalbefund hinaus erforderlich ist (12-15).

Das ermittelte Tumorstadium ist die Grundlage für das Therapiekonzept, welches beim lokal begrenzten Kolonkarzinom meist primär aus einer onkologischen Resektion besteht (10). Hingegen kann im fortgeschrittenen lokalen Stadium, beim Rektumkarzinom oder bei Fernmetastasierung ein multimodales Vorgehen erforderlich sein, wofür in einer interdisziplinären Tumorkonferenz, unter Einbezug patientenindividueller Parameter, eine Konsensempfehlung erarbeitet wird (10, 16). So kann die onkologische Resektion exemplarisch strahlen- oder systemtherapeutisch neoadjuvant und adjuvant umrahmt werden (10).

Kurativ ist das Therapiekonzept meist im lokal begrenzten Stadium, sowie bei Fernmetastasen unter der Bedingung, dass diese vollständig resezierbar sind, wie in 10 % bis 30 % der Patienten mit Lebermetastasen (12, 15, 17, 18). Demnach ist die Resektion des KRK und gegebenenfalls seiner Metastasen das zentrale Element bei kurativem Therapieziel. Dabei dehnt sich das Operationsgebiet über die unmittelbare Lage des KRK aus, da Sicherheitsabstände einzuhalten sind, die Absetzung von der Gefäßversorgung des tumortragenden Darmabschnitts abhängt und auch das entsprechende Mesenterium exziiert wird (16). So erfolgt beispielsweise beim KRK im Colon ascendens eine Hemikolektomie rechts, bei flexurnaher Lage eine erweiterte Hemikolektomie, entsprechend einer zusätzlichen Teilentfernung des Colon transversum sowie eine Mitentfernung des Mesokolons (19). Eine Besonderheit in der Rektumkarzinomchirurgie ist die hohe Dichte an anatomischen Strukturen, welche auch für den Erhalt von Stuhl- und Urinkontinenz sowie Sexualfunktion bedeutsam sind (20). So ist bei tiefsitzender Lokalisation oder ausgedehntem Befund im Rahmen einer abdominoperinealen Rektumexstirpation die Anlage eines permanenten Kolostomas erforderlich (10). Bei weniger ausgedehnten Befunden, bei denen eine totale Mesorektumexzision und tiefe Anastomose erfolgt, kann ein temporäres Stoma angelegt werden, um das Risiko von Anastomoseninsuffizienzen und Relaparotomien zu reduzieren (21).

Die onkologischen Resektionen bei KRK sind mit einer 30-Tages-Mortalität von circa 3 % bis 7 % verbunden, wobei sich in den letzten Jahrzehnten eine abnehmende Tendenz zeigte (22-26). Risikofaktoren für einen komplikativen Verlauf stellen unter anderem zunehmendes Alter, verminderte präoperative Leistungsfähigkeit und die Laparotomie dar (23, 24). Spezifische, kurzfristige Komplikationen sind unter anderem die Insuffizienz und Blutung der Anastomose, Ileus sowie Prolaps und Retraktion des Stomas (27). Spätkomplikationen sind Darmfunktionsstörungen, sexuelle Störungen, Fertilitätsstörungen und die Anastomosenstriktur (27). Die meisten Komplikationen treten allerdings bereits während des stationären Aufenthalts

auf, wobei Sepsis (15 %), Peritonitis (11 %), Anastomoseninsuffizienz (7 %) und Pneumonie (7 %), die häufigsten schwerwiegenden Komplikationen darstellen (22, 26). Zusätzlich sind Schmerzen, Übelkeit, Erbrechen, verminderte Mobilität, nasogastrale Sonden, Drainagen und gegebenenfalls ein Kolo- oder Ileostoma Herausforderungen, mit denen Patienten postoperativ oftmals konfrontiert sind (28).

Durch die Größe des Eingriffs und dem postoperativen Verlauf sind Operationen in der Kolorektalchirurgie mit einer relativ langen Krankenhausverweildauer verbunden. Diese ist circa viermal länger als bei der Cholezystektomie oder der Schilddrüsenchirurgie und nur gering kürzer als bei Eingriffen an Leber, Pankreas oder Ösophagus (26). Wie Längsschnittdaten zwischen 1998 und 2021 zeigen, konnte der mediane, stationäre Aufenthalt von elf auf sieben Tage in den letzten Jahrzehnten reduziert werden (29). Hierfür entscheidend war die sukzessive Implementierung multimodaler, intra- und perioperativer Prozeduren, welche die Rekonvaleszenz nach kolorektalchirurgischen Eingriffen verbesserten, sogenannte Fast-Track-Programme (30). Aktuelle perioperative Empfehlungen thematisieren unter anderem die Kommunikation mit dem Patienten, die Ernährung und die Medikation bei Schmerzen und Übelkeit (31). Intraoperativ wird insbesondere die Laparoskopie als ein schonenderes Verfahren im Vergleich zur Laparotomie, sofern technisch möglich, angeraten (31). Metaanalysen konnten zeigen, dass durch die Implementierung von Fast-Track-Programmen kürzere Krankenhausverweildauern erreicht werden konnten ohne dass die Mortalität oder stationäre Wiederaufnahmen stiegen (32-35). Ferner verringerten sich die Komplikationen und die Kosten (32-36). Trotz dieser Fortschritte bleiben Operationen bei KRK für die Patienten weiterhin eine große Herausforderung mit möglichem negativem Einfluss auf das Wohlbefinden (37).

1.2 Das Wohlbefinden von Patienten mit KRK

Gemäß der Weltgesundheitsorganisation ist Gesundheit nicht nur Abwesenheit von Krankheit oder Gebrechen, sondern auch das Vorhandensein von körperlichem, geistigem und sozialem Wohlbefinden (38). Operationalisiert wird Wohlbefinden in der Onkologie vor allem durch das Konzept der Lebensqualität, welches einen wichtigen Parameter zur Evaluation des Therapieerfolgs darstellt (39-41).

Wichtige Erkenntnisse zur Lebensqualität bei Krebspatienten beruhen auf dem Fragebogen der European Organisation for Research and Treatment of Cancer (EORTC) dem sogenannten EORTC

Quality of Life Questionnaire Core 30 (EORTC QLQ-C30) (42, 43). Dieser Fragebogen wurde seit den 1990er Jahren bei mehreren tausend Patienten erhoben (44). Dabei zeigte sich, dass emotionale Belastungen bei Patienten mit KRK eine Hauptursache für die Verminderung der Lebensqualität darstellen. So ist etwa jeder zweite Patient im Krankheitsverlauf mit klinisch relevanter Anspannung, Sorgen oder Symptomen einer Depression konfrontiert (44, 45). Zusätzlich ist circa jeder vierte Patient von moderaten bis starken Schlafstörungen und jeder dritte Patient von Tumor-assoziiertes Fatigue betroffen (44, 45). Die damit einhergehenden Symptome wie Abgeschlagenheit, Erschöpfung und Antriebslosigkeit führen neben einer Verminderung der Lebensqualität zu Einschränkungen in der Alltagsbewältigung. Körperliche Einschränkungen sind zwar auch bei etwa jedem dritten Patienten relevant, jedoch im Vergleich zu den emotionalen Belastungen im Krankheitsverlauf weniger häufig einschränkend auf die Lebensqualität (44, 45).

Längsschnittdaten zeigen, dass die Lebensqualität nicht stabil vermindert ist, sondern mehrheitlich mehrere Jahre nach Diagnose annähernd normal sein kann (46). Die größten Einschränkungen bestehen im Zeitraum der Diagnose und der Operation (47-50). Währenddessen stehen Patienten vor besonderen Herausforderungen, welche als Belastungen wahrgenommen werden können, wodurch Disstress entsteht und dadurch bedingt die Lebensqualität vermindert wird (51-54). Disstress ist eine multifaktorielle Erfahrung, welche unter anderem psychischer, sozialer und physischer Art sein kann (52). Diese kann sich durch Traurigkeit und Ängste bis hin zu Anpassungsstörungen und Depressionen äußern, welche Einschränkungen im Bereich der emotionalen Funktion des EORTC QLQ-C30 entsprechen (52, 55). Des Weiteren kann Disstress dazu führen, dass Patienten Bewältigungsmechanismen weniger effektiv einsetzen können, um mit der Erkrankung und den Therapien adäquat umgehen zu können (52). Es wird davon ausgegangen, dass Disstress vor allem in Krankheitsphasen erhöhter Vulnerabilität auftritt (52). Dies sind vor allem Situationen, die mit potentiellen Schäden verbunden sein können, wie der Beginn einer neuen Therapie (52). Damit stellt der stationäre Aufenthalt zur onkologischen Resektion für die Patienten mit KRK eine vulnerable Krankheitsphase dar (37, 52, 56). Konkret wurden bei diesen Patienten das Verarbeiten der Diagnose, die Organisation der Operation, das Staging, die Komplikationsrisiken und die mögliche Veränderung des Körperbildes als präoperative Belastungsfaktoren beschrieben (37). Während des stationären Aufenthalts werden die Patienten mit der Operation, den postoperativen Symptomen und gegebenenfalls Komplikationen konfrontiert

(37). Weiter können auch die ungewohnte Umgebung, die Nähe zu anderen Patienten und die klinischen Arbeitsprozesse Disstress hervorrufen und das Wohlbefinden vermindern (37, 52). Diese Faktoren können wiederum mit einer geringeren Therapieadhärenz und einer längeren Krankenhausverweildauer einhergehen (57-59). Aufgrund dieser Aspekte stellt die Reduzierung der emotionalen Belastungen, beziehungsweise die Verbesserung des emotionalen Wohlbefindens, ein wichtiges Element einer gesamtheitlichen Versorgung der Patienten mit KRK dar.

1.3 Ansätze zur Verbesserung des Wohlbefindens bei KRK

Neben peri- und intraoperativen Fortschritten, welche das Risiko von Komplikationen und Symptomen reduzieren, können den Patienten Strategien aufgezeigt werden, um vulnerable Krankheitsphasen besser zu bewältigen (31, 52). So bietet die präoperative Aufklärung, über die rechtliche Verpflichtung hinweg, eine Gelegenheit zur Informationsvermittlung. Dabei wurde in Studien gezeigt, dass eine offene, detaillierte Kommunikation über den Verlauf des stationären Aufenthalts, die Operation und mögliche Komplikationen bei Patienten die vorhandene Angst reduzieren und die Zufriedenheit erhöhen können (60, 61).

Eine weitere Unterstützung sind psychologische Interventionen, bei denen Patienten Bewältigungsstrategien erlernen, die sie bei Bedarf anwenden können (62). Hierzu zählen die Psychoedukation, bei der Informationen über Stressbewältigung vermittelt werden, die supportive Psychotherapie, welche praktische Hilfe zur Krankheitsbewältigung darstellt, sowie die kognitive Verhaltenstherapie (KVT) (52). Inhalte kognitiver Ansätze sind unter anderem das Erlernen von Problemlösungstechniken sowie die Umstrukturierung und Ablenkung von Gedanken (62, 63). Zudem können den Patienten Atem- und Entspannungstechniken beigebracht werden, um die Muskulatur zu entspannen, die Aktivierung des sympathischen Nervensystems zu reduzieren und Ruhe zu empfinden (64, 65). Konkret werden in einer ruhigen Umgebung Entspannungsphasen durch Signalwörter eingeleitet und diese im Sinne einer Entspannungskonditionierung mit der Atmung verknüpft (64). Dabei wurde gezeigt, dass tiefes und langsames Atmen die Aktivität des sympathischen Nervensystems reduziert und durch Verminderung von Angst, Anspannung und Wut das emotionale Wohlbefinden verbessern kann (66, 67). Weitere supportive Verfahren sind Musikinterventionen, wie beispielsweise das Hören von aufgenommener Musik (52, 68). Damit konnten Symptome von Depressionen und Ängsten reduziert und der arterielle Blutdruck sowie die Atem- und Herzfrequenz gesenkt werden (68).

Auf Grundlage einer Cochrane-Analyse, welche Interventionsmöglichkeiten vor verschiedenen Operationen untersuchte, ist davon auszugehen, dass eine präoperative psychologische Vorbereitung zu einem kürzeren Krankenhausaufenthalt, weniger Schmerzen, weniger negativen Affekt und damit zu einem besseren perioperativen Wohlbefinden führen können (62). Eine Überlegenheit einer der Verfahren wurde nicht identifiziert, wobei einzelne Verfahren, wie die KVT, eine breitere Datengrundlage aufweisen (62, 69). Hier konnte gezeigt werden, dass die KVT Angst, Depression und negative Stimmungen reduzieren kann (69). Der überwiegende Anteil an Studien zur Verbesserung des Wohlbefindens durch psychologische Interventionen wurde bei Krebspatienten unabhängig der Entität sowie bei Mammakarzinom durchgeführt (52). Aufgrund unterschiedlicher Bedürfnisse, Herausforderungen und soziodemographischer Variablen der Patientenpopulationen, ist es allerdings fraglich, ob diese Daten auch auf Patienten anderer beziehungsweise spezieller Tumorentitäten übertragbar sind. In vorhandenen Übersichtsarbeiten zu psychologischen Interventionen bei Patienten mit KRK konnten lediglich in wenigen Studien allenfalls kleine Effekte aufgezeigt werden, weshalb weiterhin der Bedarf zum Nachweis geeigneter Methoden zum Umgang mit emotionalen Belastungen bei Patienten mit KRK besteht (63, 70, 71). Allerdings sind psychologische Interventionen meist zeit-, personal- und damit kostenintensiv, weshalb es zunehmend Bemühung gibt, für einen breiteren und niederschwelligeren Zugang moderne Technologien einzusetzen, wie beispielsweise Anwendungen in der virtuellen Realität (VR) (72, 73).

1.4 Das Konzept der VR

Seit Mitte des 21. Jahrhunderts werden zunehmend Computer eingesetzt, um die Sinnesorgane des Menschen, insbesondere das visuelle System, zu stimulieren. Hierfür grundlegend war die seit den 1950er Jahren beginnende Ausstattung der Computer mit Bildschirmen, woraus sich das Forschungsfeld der computergenerierten Bilderzeugung, die Computergrafik, entwickelte (74). Zunächst als Ausgabegeräte zur Datenvisualisierung genutzt, wurde ab Anfang der 1960er Jahre überlegt, Bildschirme als bidirektionale Mensch-Maschine-Schnittstellen zu nutzen, um mit Computern in Echtzeit interagieren zu können (75). Diese interaktive Computergrafik war Ursprung für die Utopie eines ultimativen Displays, mit dem es möglich sein sollte, sich in eine computergenerierte, intuitiv zu steuernde Welt zu begeben, in denen real nicht mögliche Dinge erfahrbar werden konnten (74, 76, 77). Diese Überlegungen führten zur Entwicklung des ersten Head-Mounted-Displays (HMD), welches vom Anwender wie ein Helm über den eigenen Kopf gespannt werden konnte (78). Dadurch wurde ein mit einem Computer verbundener Bildschirm

wenige Zentimeter vor den Augen platziert und somit das visuelle System primär durch computergenerierte Signale stimuliert (78). Ergänzend wurden die Kopfbewegungen erfasst und passend die Bildinhalte verändert, sodass der Eindruck entstand, sich in einer alternativen Umgebung umsehen zu können (78).

Erste Kommerzialisierungsversuche in den 1980ern machten die Einführung massenmarkttauglicher Begriffe erforderlich, woraufhin der bis dahin nur vereinzelt in Science-Fiction-Literatur vorkommende und bis heute gebräuchliche Begriff der VR mit den HMDs in Verbindung gebracht wurde (79). Seitdem liegt es im wissenschaftlichen Interesse VR zu definieren, wobei sich, auch aufgrund steter technologischer Entwicklungen, bisher keine allgemein akzeptierte Definition etablieren konnte. Allerdings lassen sich charakteristische Eigenschaften von VR herausarbeiten:

VR ist der Begriff für ein Konzept, bei dem durch Computer auf Oberflächen eine alternative, nicht reale Umgebung, sogenannte virtuelle Umgebung (VU) dargestellt wird, in welchem der Anwender eine egozentrische Perspektive einnimmt (80-83). Neben dem visuellen System werden, in Abgrenzung zur Computergrafik, weitere Sinne, wie das somatosensorische System angesprochen, wobei Reize außerhalb der VU möglichst vollständig ausgeblendet werden (83). Darüber hinaus soll es möglich sein, mit der VU in Echtzeit intuitiv zu interagieren (80, 81).

Somit besteht die technische Herausforderung von VR darin, die Sinne des Anwenders möglichst umfassend und lebendig zu stimulieren, sogenannte Immersion (84). Dadurch soll im Anwender die Wahrnehmung begünstigt werden, sich tatsächlich in der VU zu befinden, was als Präsenz bezeichnet wird (82). Auch wenn dem Anwender kognitiv bewusst ist, dass die VU eine Illusion darstellt, soll ein zur VU adäquates Verhalten ausgelöst werden (82). Damit ist VR eine Technologie, die es ermöglicht, in einer nicht realen Umgebung zu Lernen und Verhalten zu verändern (82, 85).

1.5 VR-Systeme

Die Umsetzung von VR erfolgt über sogenannte VR-Systeme, die neben dem Computer aus Ausgabesystemen bestehen, welche Information an den Anwender abgeben (86). Weitere Bestandteile sind Sensoren und Eingabegeräte, welche Daten erfassen (87). Zentral ist die Ansteuerung des visuellen Systems über Bildschirme oder Projektionen, wie auf Wände (88). Hierbei sind die Auflösung, die Aktualisierungsraten und die adressierte Gesichtsfeldgröße, das

sogenannte Field of View (FOV), wichtige Parameter für die Immersion (89). Ergänzend können weitere Sinne adressiert werden, von denen die auditive Wahrnehmung mittels Lautsprecher unter Abschirmung von Umgebungsgeräuschen, wie durch Kopfhörer, relativ einfach realisierbar ist. Weniger gängig sind haptische Ausgabegeräte, die Druck und Vibration erzeugen, wie Datenhandschuhe (86). Diese können auch gleichzeitig als Eingabegeräte dienen und dabei die Bewegung von Hand oder Finger erfassen (86). Simpler sind Controller, welche zwei- bis dreidimensionale Bewegungen registrieren können, wie eine Computermaus.

Die derzeit in der Unterhaltungsindustrie gängigen VR-Systeme sind die speziell auf VR ausgelegten HMDs, die sogenannten VR-Headsets, welche sich vom Konzept nicht von den Prototypen aus den 1960ern unterscheiden, jedoch nutzerfreundlicher, leistungsfähiger und kostengünstiger sind (78, 82). Kosteten die ersten HMDs mehrere zehntausend Euro, kam mit dem Oculus Rift im Jahr 2016 ein VR-Headset auf dem Markt, welches bereits ab umgerechnet circa 555 € erhältlich war (82, 90). Beim VR-Headset ist der Bildschirm in einem Gehäuse integriert, welcher mittels einer Halterung, wie elastischen Bändern, am Kopf und dadurch wenige Zentimeter vor den Augen angebracht wird (Abbildung 1).



Abbildung 1: Standalone-VR-Headset vom Typ Oculus Go for Business (Meta Platforms Inc., USA) mit Controller

Durch den geringen Abstand entsteht ein großes FOV, das den Großteil des horizontal circa 120° umfassenden Gesichtsfelds des Menschen adressiert (91). Allerdings wird auch meist der individuelle Nahpunkt unterschritten, weshalb vor dem Bildschirm konvexe Linsen, wie Fresnellinsen, angebracht sind (92). Wichtig für eine hohe Immersion sind zudem die Tiefenwirkung durch Stereoskopie sowie die möglichst vollständige Abschirmung von

Umgebungsreizen, wie durch einen Schaumstoffmantel zwischen Gehäuse und Gesicht, welche ein wichtiges Unterscheidungsmerkmal von VR-Headsets zu anderen HMDs darstellt (86, 89).

Der für die Datenberechnung erforderliche Computer kann über ein Kabel mit dem VR-Headset verbunden werden oder ist in dieses integriert, sogenanntes Standalone-VR-Headset, wodurch eine kabellose Nutzung möglich ist (93). Hierfür sollten allerdings Größe, Gewicht und Wärmeentstehung des Computers für eine komfortable Nutzung gering sein, was mit geringeren Leistungsdaten einhergeht (93).

Der Eindruck der Interaktion mit der VU entsteht durch eine Anpassung der Bildinhalte an die Körperbewegung des Anwenders, welche hierfür von Sensoren erfasst werden, sogenanntes Tracking (87). Die Erfassung von Translationsbewegungen erfolgt meist als visuelles Tracking über externe Kamerasysteme, was mit einem erhöhten Platz-, Hardware-, und Finanzbedarf verbunden ist (94). Dahingegen sind in VR-Headsets für das sogenannte Head-Tracking meist inertielle Messeinheiten verbaut (94). Diese erfassen die Kopfdrotation entlang der Raumachsen beziehungsweise in drei Freiheitsgraden, was für medizinische Anwendungszwecke meist ausreichend ist (94).

1.6 VR in der Medizin

Durch die Möglichkeit, nicht reale Umgebungen erfahrbar zu machen und mit deren Objekten interagieren zu können, ergeben sich zahlreiche Anwendungsgebiete von VR in der Medizin, speziell auch in chirurgischen Disziplinen (79, 80). So waren die in den 1980er Jahren erstmals laparoskopisch durchgeführte Appendektomie und später Cholezystektomie nicht nur Meilensteine der operativen Endoskopie sondern auch Inspiration zur Entwicklung von Teleoperationssystemen, künstlicher Bilderzeugung und schließlich auch zur VR in der Chirurgie (95, 96). Dies führte Anfang der 1990er zur Entwicklung einer VU, die einen offenen, abdominalen Operationssitus zeigte und die Durchführung einzelner Operationen ohne Patientenrisiko trainierbar machte (79, 97).

Darüber hinaus gibt es verschiedene Ansätze, um mit VR das Wohlbefinden von Patienten zu verbessern. Ein wichtiges Konzept stellt VR als effektive Möglichkeit dar, die Aufmerksamkeit weg von der realen, klinischen Erfahrung hin zur VU zu lenken (98). Durch die Ablenkung auf angenehme virtuelle Inhalte, wie Spielen in der VU, werden gleichzeitig durchgeführte, unangenehme Prozeduren weniger wahrgenommen. So empfanden Patienten während der

Versorgung von Wunden nach Verbrennungen oder nach Hämorrhoidektomie bei gleichzeitigem Spielen in der VU wesentlich weniger Schmerzen (98, 99).

Neben dem Spielen zur Ablenkung können in der VR verschiedene Entspannungstechniken, wie progressive Muskelrelaxation, autogenes Training und Meditation, wie Achtsamkeitstraining und Atemübungen durchgeführt werden (100). Hierfür wurden bisher vor allem VU angewendet, in welchen sich der Anwender in angenehmen und friedlichen Naturszenen, wie an Sandstränden, aufhielt und zum Teil Anweisungen zur Atemkontrolle bekam (100, 101). Damit konnte gezeigt werden, dass VR bei gesunden Probanden die Entspannung erhöhen und negative Emotionen, wie Traurigkeit, reduzieren kann (101). Ergänzend zu Entspannungsübungen können in die VR-Erfahrung weitere Techniken der KVT, wie kognitive Restrukturierung oder Psychoedukation, eingebunden werden, mit denen Probanden lernen können, mit Herausforderungen umzugehen (102). Im Rahmen einer KVT bei Angsterkrankungen konnte gezeigt werden, dass die Wirkung der VR-basierten Therapie über Jahre anhalten kann, die Patienten mit VR-Anwendungen zufrieden sind und teilweise eher an den Interventionen teilnehmen als an traditionellen psychotherapeutischen Ansätzen (103-105).

Bisherige Forschung zur Anwendung von VR bei Krebspatienten zeigte, dass diese durch VR-Interventionen, von unangenehmen Prozeduren, wie Punktionen oder chemotherapeutischen Infusionen, abgelenkt werden können (106-110). Zudem konnte bei Patienten mit fortgeschrittenen Krebserkrankungen während des stationären Aufenthalts durch Anwendungen in der VR Freude und Entspannung ausgelöst werden (111, 112). VR-Interventionen während des perioperativen Zeitraums erfolgten zur Angstreduktion durch präoperative Informationsvermittlung, zur Rehabilitation nach orthopädischen Eingriffen oder zur Schmerzreduktion, wobei sich jeweils Ergebnisse zugunsten der VR-Interventionen zeigten (108, 113, 114). Allerdings gab es bislang keine Studien, welche die Anwendung von VR während des gesamten stationären Aufenthalts aufgrund einer Operation bei Krebsdiagnose untersuchten und das Teilnahmeverhalten, den möglichen Nutzen oder mögliche unerwünschte Nebenwirkungen darstellten.

1.7 Unerwünschte Wirkungen von VR

Als unerwünschte Wirkungen von VR können Symptome wie Kopfschmerzen, Schwitzen, Schwindel, Übelkeit und Erbrechen auftreten, welche unter dem Begriff Cybersickness (CS) bekannt sind (115). CS tritt meist ab circa zehn Minuten nach Interventionsbeginn auf, klingt innerhalb von circa 15 Minuten nach Beendigung wieder ab und wird überwiegend als mild beschrieben, wobei stärkere Symptome auch zu einem vorzeitigen Interventionsabbruch führen können (116-118). CS korreliert dabei mit einem Anstieg von Herz- und Atemfrequenz im Sinne einer Stressreaktion (119-121). Es wird davon ausgegangen, dass CS vor allem dann ausgelöst wird, wenn die wahrgenommenen Stimuli von den erwarteten abweichen, wie bei Bewegungen in der VU, welche real nicht durchgeführt werden (122). Zudem beeinflussen die technische Umsetzung von VR, das Design der VU sowie Patientenparameter das Risiko für CS (123). So sind kurze Interventionen von unter zehn Minuten, die Übereinstimmung der Bewegungen in der VU und der Realität sowie ein höheres Patientenalter mit geringerer CS assoziiert (118). Diese Erkenntnisse gingen in das Design von VR-Interventionen ein, wodurch die Raten an durch CS-bedingten Abbrüchen in den letzten Jahrzehnten reduziert wurden, wie eine Metaanalyse zeigte, bei denen Abbruchraten von 1,8 % bis 24,5 % der Probanden festgestellt wurden (124).

Ferner zeigten sich in experimentellen Studiendesigns, dass sich durch VR-Exposition neurophysiologische Parameter verändern können. So konnten in den ersten Minuten nach Beendigung der VR-Intervention Verringerungen von Reaktionszeiten, der Hand-Auge-Koordination und der Haltungsstabilität nachgewiesen werden, wobei sich diese Werte bei erneuter Messung meist innerhalb von circa 15 bis 30 Minuten normalisierten (116, 120, 125, 126). Denkbare, dadurch bedingte Stürze nach VR-Anwendungen wurden bisher jedoch nicht dokumentiert. Auch ist bekannt, dass visuelle Stimuli, wie plötzliche Farbänderungen, bei photosensitiven Menschen eine photoparoxysmale Reaktion (PPR), auslösen können, welche sich von milden Symptomen bis zu generalisierten tonisch-klonischen Anfällen präsentieren kann (127, 128). So ist es denkbar, dass VR-Interventionen eine PPR auslösen können. Deshalb empfehlen Autoren, trotz bislang fehlender Datengrundlage, Patienten mit bekanntem Risikofaktor, wie einer Epilepsie, zur Risikominimierung nicht mit VR zu exponieren (75).

In Zusammenschau stellen die Symptome von CS die relevantesten unerwünschten Nebenwirkungen dar, welche meist als gering beschrieben werden und kurzzeitig andauern, während neurophysiologische Veränderungen primär in experimentellen Studiendesigns

relevant sind. So beschrieben Übersichtsarbeiten bei verschiedenen Patientenklientelen ein günstiges Sicherheitsprofil von VR-Interventionen (117, 129).

1.8 Fragestellung

Patienten mit KRK sind im perioperativen Zeitraum besonderen Herausforderungen ausgesetzt, welche zu einer Verminderung der Lebensqualität, insbesondere der emotionalen Funktionen führen können (37, 44, 45, 49). Studien bei anderen Probanden konnten zeigen, dass Anwendungen in der VR positive Emotionen auslösen, Entspannung erhöhen und das Wohlbefinden verbessern können (100, 111, 130, 131). So ist es denkbar, dass auch Patienten während des stationären Aufenthalts bei viszeralchirurgischer Operation bei KRK von Anwendungen in der VR profitieren können. Allerdings ist es ebenso möglich, dass Anwendungen in der VR während des stationären Aufenthalts eine zusätzliche Belastung darstellen. So könnten postoperative Symptome und Nebenwirkungen von VR zu einer geringen Teilnahmerate, einem hohen Anteil an Interventionsabbrüchen und zu einer Verminderung des Wohlbefindens führen.

Vor diesem Hintergrund soll bei Patienten mit KRK, welche sich zur onkologischen Resektion stationär aufhalten eine Machbarkeitsstudie durchgeführt werden. Dabei sollen Erkenntnisse zur Rekrutierung, zum Teilnahmeverhalten an den Interventionen sowie zur Sicherheit und Implementierbarkeit der VR-Interventionen in den Krankenhausalltag gewonnen werden. Ergänzend sollen bei diesen Patienten erste Hinweise zum möglichen Nutzen der VR-Interventionen in Bezug auf Wohlbefinden und Vitalparameter gewonnen werden. Auf Grundlage dieser Erkenntnisse soll beantwortet werden, ob die Durchführung weiterführender definitiver randomisierter kontrollierter Studien zum Nachweis eines Nutzens von VR-Interventionen bei diesen Patienten erfolgsversprechend scheint.

2 Material und Methoden

2.1 Studiendesign und Studienpopulation

Die Studie wurde als monozentrische, prospektive, randomisierte, kontrollierte Machbarkeitsstudie konzipiert. Das dreiarmlige Design umfasste eine Experimentalgruppe mit Anwendungen in der VR, die sogenannte VR-Gruppe, eine Vergleichsgruppe mit Hören von Musik, die sogenannte Musikgruppe und eine Gruppe, welche keine Intervention erhielt, die sogenannte Kontrollgruppe.

Für einen Studieneinschluss wurden Patienten geprüft, welche sich in der Klinik für Allgemein-, Viszeral-, und Transplantationschirurgie am Universitätsklinikum Augsburg, einer elektiven viszeralchirurgischen Operation, aufgrund eines KRK oder Lebermetastasen eines KRK unterzogen. Nach Prüfung weiterer Ein- und Ausschlusskriterien (*Tabelle 1*) erfolgte, spätestens am Vortag der geplanten Operation, die Aufklärung und der Studieneinschluss seitens des ärztlichen Personals.

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien für die Rekrutierung (KRK: Kolorektales Karzinom)

Einschlusskriterien	Ausschlusskriterien
Alter ab 18 bis einschließlich 75 Jahre Histologisch gesicherte Diagnose oder hochgradiger Verdacht auf ein KRK Geplante Resektion des KRK oder von Lebermetastasen des KRK Elektive Operation	Fehlende Einwilligungsfähigkeit, Betreuung Teilnahme an einer anderen Interventionsstudie mit möglichem Einfluss auf die Ergebnisse dieser Studie Aktiver Alkohol-, Drogen- oder sonstiger Substanzmissbrauch, Einnahme von Antikonvulsiva Medizinische Vorgeschichte bezüglich Demenz, Schizophrenie, Halluzinationen, Panikattacken, epileptische Anfälle, Konvulsionen, Taubheit, Blindheit Schwangerschaft Fehlende Deutsch- oder Englischkenntnisse

Bei vorliegender, unterschriebener Einverständniserklärung wurde durch medizinisches Personal, welches anderweitig nicht an der Studie beteiligt war, die Randomisierung durch

Ziehung eines Briefumschlages vorgenommen. Hierfür wurden vor Studienbeginn sechs Blöcke mit jeweils neun Briefumschlägen gebildet. Auf diese neun Briefumschläge waren jeweils drei DIN-A4 Papiere mit der Information zur entsprechenden Studiengruppe verteilt, sodass eine Zuordnung der Probanden im Verhältnis von 1:1:1 erfolgte. Wurde nach Randomisierung, trotz vorheriger Prüfung, ein Ausschlusskriterium festgestellt, so war gemäß Studienprotokoll ein sekundärer Studienausschluss vorgesehen. Eine Verblindung der Probanden und des Studienpersonals war aufgrund der Art der Interventionen nicht möglich, wobei die an der medizinischen Behandlung der Probanden beteiligten Ärzte verblindet waren.

2.2 VR-Interventionen

Die VR-Interventionen wurden mit einem kommerziell erhältlichen Standalone-VR-Headset des Modells Oculus Go for Business (Meta Platforms Inc., USA) durchgeführt (Abbildung 1). Darin war hinter zwei Fresnel-Linsen ein 5,5 Zoll großer Fast-Switch-LCD-Bildschirm verbaut, mit dem eine Bildauflösung von 2560 × 1440 Pixel, entsprechend 1280 × 1440 Pixel pro Auge, sowie ein FOV von bis zu 110 Grad erreicht wurde (132). Die Berechnung der Daten erfolgte über den integrierten Prozessor des Typs Adreno 350 und eines grafischen Prozessors des Typs Snapdragon 821, wodurch Bildwechselraten von 60 Hz bis 72 Hz möglich waren (132). Die Steuerung erfolgte über Head-Tracking in drei Freiheitsgraden sowie über einen mitgelieferten Controller. Ergänzend zu den im VR-Headset verbauten Lautsprechern, wurden zur Steigerung von Geräuschisolierung und Tonqualität mittels 3,5 mm Klinkenstecker kabelgebundene ohraufliegende Kopfhörer des Modells BEATS EP (Beats Electronics LLC, USA) angeschlossen.

Auf dem VR-Headset war die über Anwendungsplattformen erhältliche, in englischer Sprache verfasste kommerzielle App TRIPP Mobile (TRIPP Inc., USA) installiert, welche immersive VR-Erfahrungen ermöglichte. Hierfür waren über das Hauptmenü verschiedene Programme auswählbar, von denen in der Studie *Focus* und *Calm* angewendet wurden. In beiden Programmen wurden innerhalb von circa sieben bis zehn Minuten drei bis vier täglich wechselnde, ruhige, dreidimensional dargestellte Szenen durchlaufen. Diese Szenen orientierten sich an Naturinhalten, wie beispielsweise einem Wald, wobei durch eine geringe Detailliertheit, unnatürliche Farbgebung und real nicht vorkommende Objekte, wie schwebende Kugeln, die VU klar von der Realität abgrenzbar war. Die dargestellten Objekte waren teils animiert, teils interaktiv, wobei Interaktion und Umsehen in der VU über das Head-Tracking erfolgte. Begleitet wurden diese Szenen durch einen Sprecher, welcher in die Thematik der

jeweiligen Intervention einführte sowie Handlungs- und Denkanweisungen gab. Beispielsweise wurde erläutert, wie Achtsamkeit, Empathie, Selbstfürsorge oder Optimismus bei der Bewältigung von Herausforderungen helfen können.

Ergänzend beinhalteten die Programme *Focus* und *Calm* auch spezifische Übungen und Visualisierungen. So wurde in *Focus* nach einer kurzen Orientierungsphase innerhalb der Szene eine Atemübung erläutert und anschließend ausgeführt, bei welcher der Anwender gleichmäßig, tief und nicht forciert atmen sollte (Abbildung 2). Visuell unterstützt, wurden innerhalb von 60 bis 90 Sekunden circa sechs bis neun Atemzyklen durchlaufen, worauf sich in einer neuen Szene ein Konzentrationsspiel anschloss. Dabei sollte der Anwender ein Objekt durch ruhige Kopfbewegungen an Ziele heran und an Hindernissen vorbeiführen (Abbildung 3).

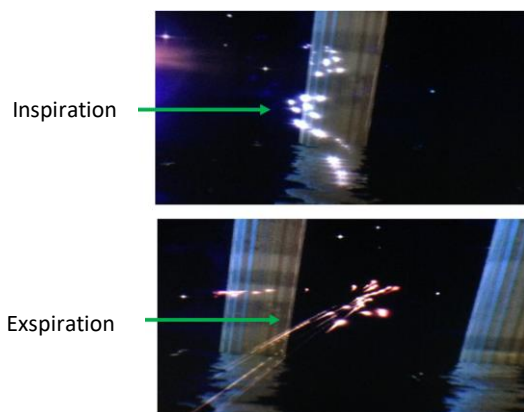


Abbildung 2: Visualisierung der ersten Atemübung in Focus, Intervention vom 16.01.2021



Abbildung 3: Konzentrationsspiel in Focus, Intervention vom 16.01.2021

Bei den beiden anschließenden Szenen betrachtete der Anwender zunächst Mandalas, danach Bilder, welche positive Emotionen auslösen sollten, wie beispielsweise lachende Kinder oder Hundewelpen (Abbildung 4 und Abbildung 5). Abschließend wurde erneut ein visuell unterstützter langsamer Atemzyklus durchlaufen.

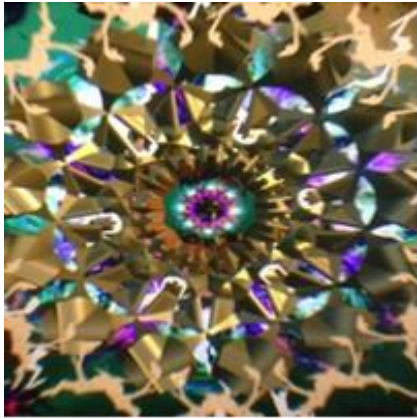


Abbildung 4: Tunnel in Form von Mandalas in Focus, Intervention vom 16.01.2021

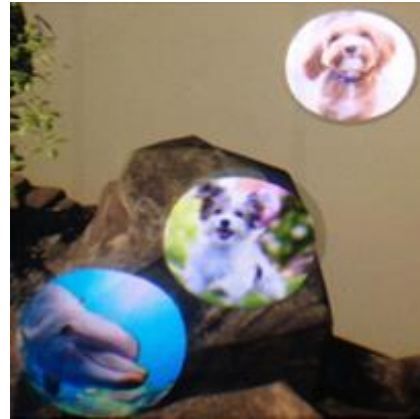


Abbildung 5: Bilderkugeln in Focus, Intervention vom 19.01.2021

Im Programm *Calm* wurden drei Szenen mit jeweils täglich wechselnden Atemübungen durchgeführt. Gemeinsam waren den Atemübungen die hohe Atemtiefe bei geringer Atemfrequenz von circa vier bis sechs Atemzyklen pro Minute. Dabei waren die Atemphasen unterschiedlich lang und wurden durch spezifische Anweisungen ergänzt. Beispielsweise sollte der Anwender seine Aufmerksamkeit auf die Empfindungen lenken, welche das tiefe, langsame Atmen in ihm auslöste. Beim diaphragmatischen Atmen sollte sich der Anwender auf die Bewegung des Zwerchfells konzentrieren. Bei einer anderen Atemübung sollte während den Atemphasen mitgezählt werden, um die Länge der einzelnen Atemphasen gezielt wahrzunehmen. Zur korrekten Ausführung erfolgte eine visuelle Unterstützung durch einen Ring mit Zeiger, welcher die einzelnen Atemphasen anzeigte (Abbildung 6).

In der dritten Szene von *Calm* betrachtete der Nutzer die Erde aus dem Weltraum (Abbildung 7), wobei der Sprecher darauf hinwies, dass Abstand dabei helfen kann, Dinge besser zu verstehen und Probleme kleiner erscheinen zu lassen.

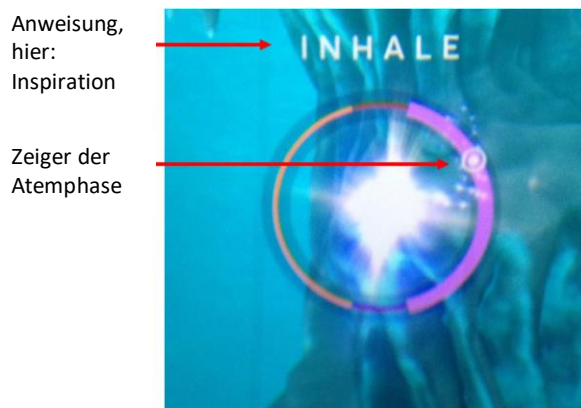


Abbildung 6: Atemzyklus der Übung Atemempfindungen in *Calm, Intervention* vom 16.01.2021



Abbildung 7: Blick auf die Erde als Schlusszene in *Calm, Intervention* vom 16.01.2021

2.3 Musikinterventionen

In der Musikgruppe wurde den Probanden mittels MP3-Player und über den wie in den VR-Interventionen benutzten Kopfhörer BEATS EP ruhige, klassische Musik vorgespielt. Die Wiedergabeliste umfasste eine Zusammenstellung von insgesamt 31 Titeln, beispielsweise *Du bist die Ruh, D. 776* von Franz Schubert interpretiert von Nils Mönkemeyer, *Gymnopédie No. 1 (Arrangement for Piano and Saxophone Quartet)* von Erik Satie interpretiert vom Alliage Quintett oder *Clair de lune* von Claude Debussy interpretiert von Nikolai Tokarev. Die mittlere Dauer der Musikstücke betrug circa 3,5 Minuten, wodurch innerhalb der vorgesehenen Interventionsdauer von etwa sieben bis zehn Minuten meist zwei bis drei Musikstücke abgespielt werden konnten. Die Reihenfolge der Wiedergabe erfolgte über den zufälligen Wiedergabemodus des MP3-Players. Die Lautstärke konnte selbstständig vom Probanden und unter Zuhilfenahme des Studienpersonals reguliert werden. Des Weiteren trugen die Probanden das deaktivierte VR-Headset zur besseren Vergleichbarkeit der Musikintervention mit der VR-Erfahrung.

2.4 Durchführung der Interventionen

Die Durchführung der Interventionen begann bei bereits stationär aufgenommenen Probanden am Vorabend der Operation unabhängig des Wochentags und wurde bis zum Tag der Entlassung

fortgeführt (Abbildung 8). Am Operationstag erfolgte bei später Ansetzung der Operation eine ergänzende morgendliche Intervention ohne eine weitere Intervention am Abend. Postoperativ wurden die Interventionen von Montag bis Freitag, außer an Feiertagen, zwei Mal täglich zwischen 8:00 Uhr und 11:00 Uhr sowie zwischen 16:00 und 19:00 Uhr bis zum Tag der Entlassung durchgeführt. Die genauen Zeitpunkte erfolgten in Absprache mit den Probanden sowie des medizinischen Personals gemäß individuellen Präferenzen und postoperativ medizinisch erforderlichen Terminen.

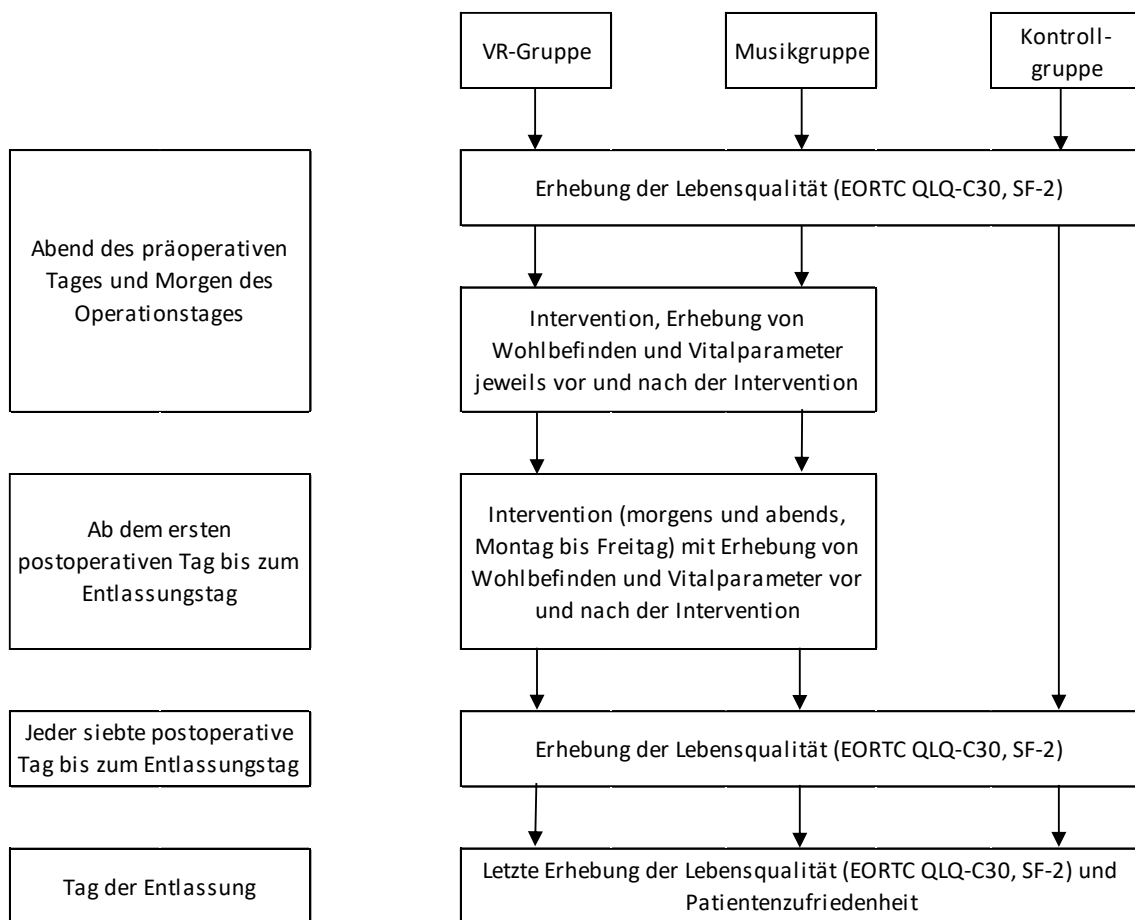


Abbildung 8: Zeitlicher Ablauf der Durchführung der Interventionen und Datenerhebung mit Erfassung von Wohlbefinden, Vitalparameter und Lebensqualität in den Studiengruppen (EORTC QLQ-C30: European Organisation for Research and Treatment of Cancer Quality of Life Questionnaire Core 30, SF-2: Short Form 2, VR: Virtuelle Realität)

Während des Aufenthalts von Probanden auf der Intensivstation erfolgte keine Durchführung der Interventionen. In diesem Fall wurden die Interventionen nach der Verlegung auf die Normalstation fortgeführt. Ebenso wurden keine Interventionen durchgeführt, wenn

Probanden aus terminlichen Gründen, beispielsweise aufgrund einer Untersuchung, nicht auf der Normalstation anwesend sein konnten. Auch bei Probanden mit Delir und Vigilanzminderung wurden bis zum Abklingen der Symptome keine Interventionen durchgeführt. Des Weiteren erfolgte keine Durchführung bei Probanden, welche sich nicht aufrichten oder im Bett sitzen konnten und vollständig bettlägerig waren.

In der VR-Gruppe wurden die Interventionen vormittags mit dem Programm *Focus* abends mit dem Programm *Calm* durchgeführt. Dabei wurde kein Einfluss des Studienpersonals auf die in den Programmen vorkommenden Szenen vorgenommen. In der Musikgruppe gab es keine tageszeitabhängigen Unterschiede in den Interventionen. Variationen in der Wiedergabe der einzelnen Musikstücke basierten gemäß dem zufälligen Wiedergabemodus auf dem Zufallsprinzip.

Die Interventionen wurden unter Anleitung des Studienpersonals durchgeführt. So wurden vorher der Ablauf und die Dauer der Intervention erläutert sowie auf die Möglichkeiten zur Unterbrechung und Veränderungen der Einstellungen, wie beispielsweise die Lautstärke, hingewiesen. Des Weiteren wurde den Probanden in der VR-Gruppe die richtige Ausführung der Atemübungen und des Konzentrationsspiels erklärt. Ergänzend konnte durch Erweiterung der Klinkenbuchse das Studienpersonal bei den Interventionen mithören. Dadurch war es möglich, bedarfsweise weitere Hilfestellungen zu geben, um eine ordnungsgemäße Durchführung sicherzustellen. Probanden, die den Sprecher als störend empfanden, konnten die nächsten VR-Intervention ohne den begleitenden Sprecher durchführen.

2.5 Hygienekonzept

Die Probanden setzen vor der Intervention eine Baret Operations-Haube für den Einmalgebrauch auf, um die direkte Kontaktfläche zum VR-Headset und den Kopfhörern zu reduzieren. Nach der Intervention erfolgte eine Reinigung der Oberflächen der eingesetzten Geräte mittels Wischdesinfektion. Zusätzlich wurden die elastischen Bänder des VR-Headsets täglich abends entfernt, sprühdesinfiziert, getrocknet und erst vor der nächsten Intervention erneut angebracht. Dieses Hygienekonzept wurde vor Studienbeginn mit der Abteilung für Hygiene und Umweltmedizin des Universitätsklinikums Augsburg abgestimmt.

2.6 Datenerhebung

Die Erfassung der Lebensqualität erfolgte mittels eines validierten Fragebogens der European Organisation for Research and Treatment of Cancer (EORTC), dem EORTC Quality of Life Questionnaire Core 30 (EORTC QLQ-C30) (42). Dieser besteht zum einen aus den fünf Funktionsskalen physische, emotionale, soziale und kognitive Funktion sowie Rollenfunktion, den drei Symptomskalen Schmerz, Fatigue, Übelkeit und Erbrechen sowie einer Gesamtskala für Gesundheit und Lebensqualität (42). Zum anderen werden mittels einzelner Items die Symptome Obstipation, Diarrhö, Luftnot, Appetitlosigkeit, Schlafstörungen sowie die finanzielle Belastung erfasst. Im Rahmen dieser Studie wurde der EORTC QLQ-C30 durch die aus der EORTC Item Datenbank stammende Short Form 2 (SF-2) ergänzt, um die Messgenauigkeit in mehreren Skalen zu erhöhen (133). Konkret wurden die Skalen Fatigue und emotionale Funktion um jeweils vier Fragen, sowie die Skala Schlafstörungen um drei Fragen erweitert.

Die erste Erhebung des EORTC QLQ-30 und der SF-2 erfolgte präoperativ, das heißt am Abend vor oder am Morgen des Operationstages (Abbildung 8). Anschließend wurden weitere Erhebungen an jedem siebten postoperativen Tag sowie letztmalig am Tag der Entlassung durchgeführt. Außerdem wurde am Tag der Entlassung ein aus fünf weiteren Fragen bestehender Fragebogen erhoben, um die Patientenzufriedenheit zu bestimmen, welcher ebenfalls der EORTC Item Datenbank entnommen wurde. Dabei sollten die Ärzte in Bezug auf die Behandlung und medizinische Nachbehandlung, dem persönlich entgegengebrachten Interesse, der Zeit bei Visiten sowie dem vermittelten Trost und der Unterstützung beurteilt werden. Zudem sollten die Probanden die Zufriedenheit mit der allgemeinen Betreuung angeben. Hierfür wurde eine fünfstufige Skala von schlecht, mittelmäßig, gut, sehr gut bis ausgezeichnet verwendet. Die Erhebung der Lebensqualität und Patientenzufriedenheit erfolgte bei allen Studienteilnehmern, unabhängig von der zugeteilten Studiengruppe.

Präoperativ und am Tag der Entlassung erfolgte die Kategorisierung der Leistungsfähigkeit der Probanden mittels Karnofsky-Performance Skala (KPS) sowie Eastern Cooperative Oncology Group Performance Skala (ECOG-PS) (134, 135). Ergänzend erfolgte eine Erfassung der von anästhesiologischer Seite präoperativ festgelegten Leistungsfähigkeit entsprechend den Empfehlungen der American Society of Anesthesiologists (ASA) gemäß ASA-Klassifikation von 2014 (136).

In den Interventionsgruppen wurden ergänzend direkt vor und nach jeder Intervention die Atemfrequenz, der systolische und diastolische periphere arterielle Blutdruck und der periphere Ruhepuls erfasst. Hierfür erfolgten die manuelle Messung des Pulses an der Arteria radialis oder der Arteria ulnaris, die nichtinvasive Messung des Blutdrucks mittels Blutdruckmanschette am Oberarm nach Riva-Rocci, sowie das Zählen der Atemexkursionen zur Bestimmung der Atemfrequenz.

Zudem wurden vor und nach jeder Intervention mit einem Fragebogen das Wohlbefinden unter Verwendung einer ordinalen Skala von eins bis zehn, entsprechend von sehr schlecht bis sehr gut, erfasst. Zur weiteren Beschreibung des Wohlbefindens wurden den Probanden zehn Variablen (angespannt, besorgt, entspannt, abgelenkt, konzentriert, wütend, gelangweilt, inspiriert, zufrieden, ruhig) vorgegeben, welche jeweils auf einer dichotomen Skala (Ja versus Nein) beantwortet werden sollten.

2.7 Datenmanagement

Für jeden Studienteilnehmer wurde in Papierform ein Fallbericht angelegt, in dem unter anderem die biometrischen Daten, Leistungsindizes und Tumorstadium dokumentiert wurden. Außerdem wurden darin die erhobenen Vitalparameter eingetragen und zusammen mit den Fragebögen in Aktenordnern aufbewahrt. Aus datenschutzrechtlichen Aspekten wurden die Fallberichte und Fragebögen mit Hilfe einer probandenindividuellen, zufallsgenerierten, vierstelligen Zahl pseudonymisiert. Sämtliche Dokumente in Papierform wurden in einem verschlossenen Büro im Universitätsklinikum Augsburg aufbewahrt. Diese werden vernichtet, sobald die Dokumente für Forschungszwecke nicht mehr benötigt werden. Die für die weitere statistische Analyse digitalisierten und auch die bereits digital vorliegenden Daten wurden, darunter auch die Zuordnungstabelle zur Pseudonymisierung, auf einem gesicherten Server des Universitätsklinikums Augsburg gespeichert, auf welchen nur das Studienpersonal Zugriff hatte.

2.8 Statistische Methoden

Für die Planung der Stichprobengröße wurde eine moderate Effektstärke angenommen und der alpha-Fehler bei zweiseitigem Testen auf 0,05 festgelegt. Ergänzend wurde die statistische Power für eine möglicherweise anschließende definitive randomisiert kontrollierte Studie auf 90 % festgelegt. Auf Grundlage dieser Annahmen wurde bei einer Machbarkeitsstudie eine Studienpopulation von 15 pro Studiengruppe empfohlen, um die Anzahl der Stichprobengröße

aus Machbarkeits- und Hauptstudie zu minimieren (137). Um ein mögliches frühes Ausscheiden oder Nichtteilnahme von eingeschlossenen Probanden zu kompensieren, wurden insgesamt 20 % mehr Teilnehmer eingeplant. Demnach sollte die Rekrutierung bis zu einer Gesamtstichprobe von insgesamt 54 Probanden, das heißt 18 Probanden je Studiengruppe, erfolgen.

Im Rahmen der deskriptiven Statistik wurden bei den metrisch skalierten Variablen das arithmetische Mittel (M), die Standardabweichung (SD), das 95 %-Konfidenzintervall (KI) sowie der Median (Mdn) mit dem Interquartilsabstand (IQA) berechnet. Ordinal und nominal skalierte Variablen wurden mit relativen Häufigkeiten in Prozent und mit absoluten Häufigkeiten beschrieben. Die Methoden der Inferenzstatistik wurden in Abhängigkeit der Skalenniveaus, der Anzahl der vergleichenden Stichproben und der angenommenen Verteilung angewendet. Relevant für die Annahme der Normalverteilung waren, aufgrund der meist geringen Stichprobengröße, der Shapiro-Wilk-Test und die Quantil-Quantil-Plots. Als Signifikanzniveau für zweiseitiges Testen wurde ein p-Wert von $< 0,05$ festgelegt.

Dichotome Merkmalsausprägungen bei unverbundenen Gruppen wurden mit dem Pearson Chi²-Test ausgewertet. Alternativ wurde bei erwarteten Zelhäufigkeiten unter fünf ein exakter Test nach Fisher durchgeführt. Bei dichotomen Merkmalsausprägungen von zwei verbundenen Gruppen wurde der McNemar-Test angewendet. Metrisch skalierte Variablen wurden, bei Annahme der Normalverteilung, beim Intergruppenvergleich von mehr als zwei Gruppen mittels einfaktorieller Varianzanalyse, der Analysis Of Variance (ANOVA) getestet. Alternativ wurde beim Intergruppenvergleich von Variablen, bei denen nicht von einer Normalverteilung ausgegangen werden konnte, ein Kruskal-Wallis-Test durchgeführt.

Bei den erhobenen Vitalparametern, dem Wohlbefinden gemäß Skala von eins bis zehn, den Variablen zur Beschreibung des Wohlbefindens sowie den Skalenwerten des EORTC QLQ-C30 und SF-2 wurden der Mittelwert pro Proband berechnet, um die unterschiedliche Anzahl an Teilnahmen zu korrigieren. Für Intragruppenvergleiche wurden der Mittelwert vor und nach der Intervention mittels dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test getestet. Für Intergruppenvergleiche wurden, entsprechend dem Differenz-von-Differenzen Ansatzes die Mittelwerte der Parameter vor der Intervention von den Mittelwerten nach der Intervention subtrahiert und diese Mittelwertdifferenzen bei zwei Gruppen mittels Mann-Whitney U-Test analysiert (138). Beim Vergleich von drei Gruppen wurde alternativ der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt. Als Effektstärkemaß wurde beim Mann-Whitney U-Test und dem Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test

mit den sich aus der Teststatistik ergebenden Z-Werten der Pearson-Korrelationskoeffizient (r) berechnet (139). Dieser wurde als kleiner ($\geq 0,1$), mittlerer ($\geq 0,3$) oder großer ($\geq 0,5$) Effekt interpretiert (140).

Vor der Analyse wurden die Daten des EORTC QLQ-C30 und des Fragebogens zur Patientenzufriedenheit mittels den Auswertungsrichtlinien der EORTC in Skalenwerte zwischen 0 und 100 umgewandelt, wobei ein höherer Wert einer höheren Merkmalsausprägung entspricht (43). Ebenso wurden die Ergebnisse der SF-2 durch eine EORTC eigene Software, mittels T-Wert-Metrik, in oben genannte Skalenwerte überführt. Die klinische Relevanz der Variablen Schmerz, Fatigue, emotionale und physische Funktion wurde anhand Cut-Off-Werten bestimmt (45). Die erfassten Komplikationen der Probanden, die während des postoperativen stationären Aufenthalts auftraten, wurden gemäß Clavien-Dindo Klassifikation (CDK) eingeteilt und daraus der Comprehensive Complication Index (CCI) berechnet (141-143).

Die statistische Auswertung wurde mit SPSS für Windows Version 28 (International Business Machines Corporation, USA) durchgeführt. Die Erstellung der Forrest Plots erfolgte mit R Version 4.1.1 (R Foundation for Statistical Computing, Österreich). Die anderen Diagramme und Tabellen wurden mit Microsoft Excel, Version Microsoft Office Professional Plus 2016 (Microsoft Corporation, USA) erstellt. Die Skalenwerte des EORTC QLQ-C30 und des SF-2 sowie die Forrest Plots wurden für diese Arbeit zur Verfügung gestellt.

2.9 Ethikvotum und klinische Registrierung

Das Studienprotokoll, die Patienteninformation und die Einverständniserklärung wurden von der Ethikkommission der Ludwig-Maximilians-Universität München (Referenznummer: 19-915) genehmigt. Die Studie wurde im Deutschen Register Klinischer Studien unter DRKS00020909 registriert und erhielt eine Universal Trial Number (U1111-1242-6074).

3 Ergebnisse

3.1 Rekrutierung

Die Rekrutierung begann im Mai 2020 und wurde nach Einschluss der geplanten 54 Probanden im März 2021 beendet. Im Zeitraum von Dezember 2020 bis Mitte Januar 2021 erfolgte eine Rekrutierungsunterbrechung aufgrund eines Ausbruchs von COVID-19 auf den Stationen der Klinik für Allgemein, Viszeral- und Transplantationschirurgie und der daraus resultierenden verstärkten Hygienevorschriften sowie personellen Anpassungen. Somit umfasste die Rekrutierung insgesamt 265 Tage.

Im Rekrutierungszeitraum erhielten 134 Patienten am Universitätsklinikum Augsburg eine elektive Operation, aufgrund eines KRK oder Lebermetastasen eines KRK (Abbildung 9). Hiervon wurde das Einschlusskriterium Alter zwischen 18 und 75 Jahre, aufgrund hohen Alters, von 45 Patienten (33,6 %) nicht erfüllt. Von den 89 restlichen Patienten eigneten sich fünf (3,7 %) aufgrund eines Ausschlusskriteriums (Epilepsie: $n = 2$, Panikstörung, Sprachbarriere, angeborene Taubheit: jeweils $n = 1$) nicht für den Studieneinschluss. Bei 30 (22,4 %) der verbliebenen 84 Patienten wurde keine Einverständniserklärung eingeholt, da die Patienten die Studienteilnahme ablehnten ($n = 25$) oder aus organisatorischen Gründen ($n = 5$) nicht eingeschlossen wurden. Damit konnten 64,3 % (54 von 84) der nach Prüfung der Ein- und Ausschlusskriterien in Frage kommenden Probanden rekrutiert werden, die alle in die Datenanalyse mit einbezogen wurden.

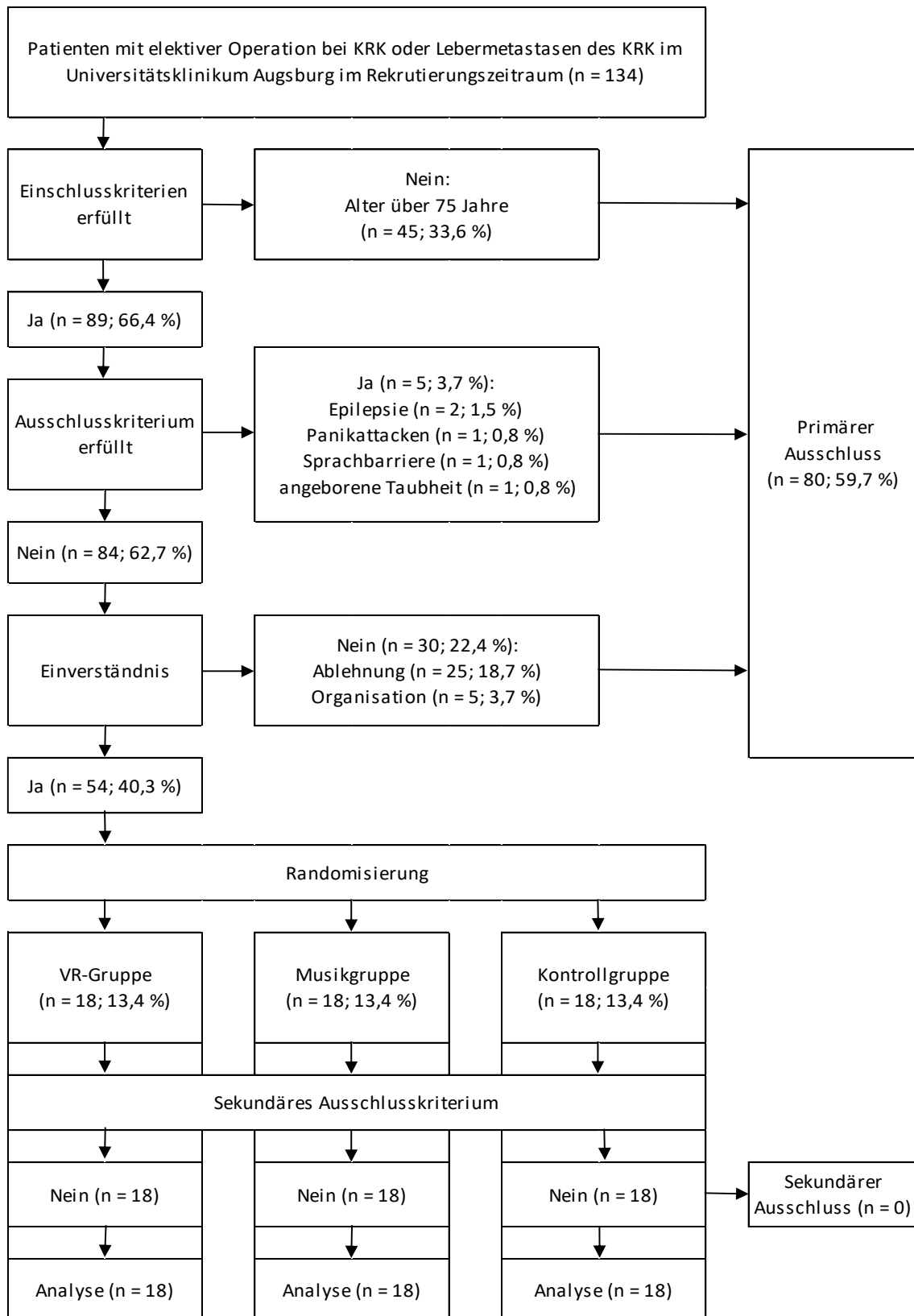


Abbildung 9: Flussdiagramm der Rekrutierung der Probanden mit absoluten und relativen Häufigkeiten in Bezug auf die Gesamtpopulation von 134 Patienten (KRK: Kolorektales Karzinom, n: Stichprobengröße, VR: Virtuelle Realität)

3.2 Charakteristika der Probanden und des stationären Aufenthalts

Es wurden 21 Frauen und 33 Männer im Alter von 60,1 Jahren (M; SD = 10,0; Mdn = 60,5) und einem Body-Mass-Index (BMI) von 27,3 kg/m² (M; SD = 5,2) in die Studie eingeschlossen. Die Verteilungen des Geschlechts, des Alters und BMIs unterschieden sich zwischen den Studiengruppen nicht signifikant ($p = 0,30$; $p = 0,07$; $p = 0,46$, *Tabelle 2*). Ebenso zeigten sich im Vergleich der Probanden mit Patienten, welche die Studienteilnahme ablehnten, keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf das Alter (M = 63,0 Jahre; SD = 10,3, $p = 0,12$) oder das Geschlecht (40 % Frauen, $p = 0,93$). Die meisten Teilnehmer (64,8 %) wurden im UICC Stadium II oder geringer, das heißt ohne Nachweis von Lymphknoten- oder Fernmetastasen, operiert (*Tabelle 3*). So waren das Kolon- und das Rektum mit jeweils 44,4 % die häufigsten Operationsgebiete, bei einem geringeren Anteil an leberchirurgischen Eingriffen (11,1 %). Die Operationen wurden zu 42,6 % rein laparoskopisch durchgeführt. Die Schnitt-Naht-Zeit betrug 175,3 Minuten (M; SD = 77,2). Im Vergleich der Studiengruppen zeigten sich bei der Verteilung des Tumorstadiums ($p = 0,89$), des Operationsgebiets ($p = 0,95$), des Operationsverfahrens ($p = 0,37$), der Häufigkeit der Anlage eines Enterostomas ($p = 0,68$) und der Schnitt-Naht-Zeit ($p = 0,70$) keine signifikanten Unterschiede.

Tabelle 2: Verteilung der biometrischen Daten nach Studiengruppe (BMI: Body-Mass-Index, kg: Kilogramm, m: Meter, M: arithmetisches Mittel, n: Stichprobengröße, SD: Standardabweichung, VR: virtuelle Realität; Statistische Tests: Geschlecht: Pearson Chi²-Test, Alter: ANOVA, BMI: Kruskal-Wallis-Test)

Variable	VR-Gruppe (n = 18)	Musikgruppe (n = 18)	Kontrollgruppe (n = 18)	p-Wert
Geschlecht, n (%)				
Frauen	8 (44,4 %)	4 (22,2 %)	9 (50,0 %)	0,30
Männer	10 (55,6 %)	14 (77,8 %)	9 (50,0 %)	
Alter, M ± SD, Jahre	55,8 ± 10,2	63,4 ± 8,2	60,9 ± 10,5	0,07
BMI, M ± SD, kg/m ²	27,3 ± 2,9	28,16 ± 5,2	27,1 ± 6,9	0,46

Die Komplikationslast gemäß CCI betrug insgesamt 19,4 (SD = 22,9), wobei bei 22,2 % der Probanden höhergradige Komplikationen (CDK ≥ III) auftraten. Die häufigsten Komplikationen waren Übelkeit und Erbrechen mit erforderlicher Anlage einer Magensonde bei gastrointestinaler Passagestörung (n = 17; 31 %) sowie Wundkomplikationen (n = 8; 15 %), wie Infektion, Abszess oder Schmerzen. Schwerwiegende Komplikationen waren die

hämodynamische Instabilität (n = 6; 11 %), die Anastomoseninsuffizienz (n = 4; 7 %), die Lungenarterienembolie (n = 2; 4 %) sowie Pneumonie und Urosepsis (jeweils n = 1; 2 %). Ein Proband starb im Rahmen eines Kreislaufstillstandes, am ehesten durch Herzrhythmusstörungen bedingt. Die höchste Komplikationslast gemäß CCI trat in der Musikgruppe auf, wobei sich ein statistisch signifikanter Unterschied im Intergruppenvergleich zeigte (p = 0,049). Zudem war in der Musikgruppe der Anteil an höhergradigen Komplikationen (CDK ≥ III) am höchsten, wobei sich dieser zwischen den Gruppen nicht signifikant unterschied (p = 0,18).

Tabelle 3: Verteilung der Daten zur Operation und dem stationären Aufenthalt (CCI: Comprehensive Complication Index, CDK: Clavien-Dindo Klassifikation, IQA: Interquartilsabstand, M: arithmetisches Mittel, Mdn: Median, n: Stichprobengröße, SD: Standardabweichung, UICC: Union internationale contre le cancer, VR: virtuelle Realität; Statistische Tests: Krankenhausaufenthaltsdauer: ANOVA, Operationsdauer und CCI: Kruskal-Wallis-Test, Enterostomaanlage: Pearson Chi²-Test, andere Variablen: Exakter Test nach Fisher)

Variable	VR-Gruppe (n = 18)	Musikgruppe (n = 18)	Kontrollgruppe (n = 18)	p-Wert
Primäres Operationsgebiet, n (%)				
Kolon	9 (50,0 %)	7 (38,9 %)	8 (55,5 %)	0,95
Rektum	8 (44,4 %)	8 (44,4 %)	8 (44,4 %)	
Leber	1 (5,6 %)	3 (16,7 %)	2 (11,1 %)	
Operatives Verfahren, n (%)				
Laparoskopie	9 (50,0 %)	5 (27,8 %)	9 (50,0 %)	0,37
Laparotomie	9 (50,0 %)	12 (66,7 %)	9 (50,0 %)	
Laparoskopie und Laparotomie	0	1 (5,6 %)	0	
Enterostomaanlage, n (%)	6 (33,3 %)	8 (44,4 %)	5 (27,8 %)	0,68
Operationsdauer, M ± SD, Minuten	174 ± 53	176 ± 60	176 ± 111	0,70
Krankenhausaufenthaltsdauer, Mdn (IQA), Tage	8,5 (5,8–14,3)	13,0 (6,5–27,0)	8,0 (5,0–11,8)	0,28
UICC Stadium, n (%)				
0 oder I	9 (50,0 %)	8 (44,4 %)	8 (44,4 %)	0,81
II	4 (22,2 %)	3 (16,7 %)	3 (16,7 %)	
III	4 (22,2 %)	3 (16,7 %)	5 (27,8 %)	
IV	1 (5,6 %)	4 (22,2 %)	2 (11,1 %)	
CCI, M ± SD	17,3 ± 15,8	28,9 ± 28,0	12,1 ± 21,3	0,049
CDK ≥ III, n (%)	3 (16,7 %)	7 (38,9 %)	2 (11,1 %)	0,18
stationäre Mortalität, n (%)	0	1 (5,6 %)	0	1,00

Die Krankenhausaufenthaltsdauer betrug 8,0 Tage (Mdn; IQA = 9). Diese war in der Musikgruppe am längsten (Mdn = 13 Tage), während Probanden in der VR- und der Kontrollgruppe nach 8,5 und 8,0 Tagen (Mdn) entlassen wurden. Dabei zeigte sich im Vergleich der Studiengruppen kein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,28$). Präoperativ waren die meisten Probanden in den Kategorien ECOG-PS 0 (63,0 %), KPS 90 % bis 100 % (68,5 %) und ASA I bis II (61,1 %) eingeteilt (Tabelle 4). Zum Zeitpunkt der Entlassung erreichten 9,3 % Probanden ECOG-PS 0 und 20,4 % der Probanden KPS 90 % bis 100 %.

Tabelle 4: Leistungsfähigkeit bei Krankenaufnahme und Entlassung (ASA: American Society of Anaesthesiologists, ECOG-PS: Eastern Cooperative Oncology Group Performance Skala, Karnofsky Performance Skala: KPS, n: Stichprobengröße, VR: virtuelle Realität; Statistischer Test bei jeder Variable: Kruskal-Wallis-Test)

Variable	VR-Gruppe (n = 18)	Musikgruppe (n = 18)	Kontrollgruppe (n = 18)	p-Wert
ASA, n (%)				
I	1 (5,6 %)	2 (11,1 %)	0	0,34
II	12 (66,7 %)	9 (50,0 %)	9 (50,0 %)	
III	5 (27,8 %)	7 (38,9 %)	9 (50,0 %)	
ECOG-PS bei stationärer Aufnahme, n (%)				
0	11 (61,1 %)	12 (66,7 %)	11 (61,1 %)	0,89
1	7 (38,9 %)	6 (33,3 %)	6 (33,3 %)	
≥ 2	0	0	1 (5,6 %)	
KPS bei stationärer Aufnahme, n (%)				
100 %	7 (38,9 %)	9 (50,0 %)	8 (44,4 %)	0,62
90 %	4 (22,2 %)	4 (22,2 %)	5 (27,8 %)	
80 %	4 (22,2 %)	4 (22,2 %)	5 (27,8 %)	
≤ 70 %	3 (16,7 %)	1 (5,6 %)	0	
ECOG-PS bei Entlassung, n (%)				
0	3 (16,7 %)	0	2 (11,1 %)	0,16
1	11 (61,1 %)	10 (55,6 %)	10 (55,6 %)	
2	3 (16,7 %)	5 (27,8 %)	4 (22,2 %)	
3	1 (5,6 %)	2 (11,1 %)	2 (11,1 %)	
≥ 4	0	1 (5,6 %)	0	
KPS bei Entlassung, n (%)				
100 %	0	0	0	0,39
90 %	2 (11,1 %)	3 (16,7 %)	6 (33,3 %)	
80 %	4 (22,2 %)	3 (16,7 %)	2 (11,1 %)	
≤ 70 %	12 (66,7 %)	12 (66,7 %)	10 (55,6 %)	

Beim Vergleich der Studiengruppen zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede beim ECOG-PS, KPS und der ASA-Klassifikation präoperativ ($p = 0,89$; $p = 0,62$; $p = 0,34$). Ebenso unterschieden sich ECOG-PS und KPS postoperativ zwischen den Studiengruppen nicht signifikant ($p = 0,16$; $p = 0,39$). Dahingegen waren ECOG-PS und KPS postoperativ unabhängig der Studiengruppen (jeweils $p < 0,001$) sowie in VR- ($p = 0,005$; $p < 0,001$), Musik- (jeweils $p < 0,001$) und Kontrollgruppe (jeweils $p < 0,001$) statistisch signifikant geringer.

3.3 Teilnahmeverhalten und Sicherheit

Entsprechend der kumulierten Krankenhausverweildauer waren in der VR-Gruppe (212 Tage) maximal 301 und in der Musikgruppe (319 Tage) maximal 463 Interventionen möglich. Aufgrund medizinischer oder organisatorischer Gründe wurden den Probanden in der VR-Gruppe 15,0 % (45 von 301) und in der Musikgruppe 14,5 % (67 von 463) der Interventionen nicht angeboten (*Abbildung 10*). Damit konnte den Probanden in der VR-Gruppe 85,0 % (256 von 301) und den Probanden der Musikgruppe 85,5 % (396 von 463) der Interventionen angeboten werden. Dieses Angebot wurde in der VR-Gruppe zu 81,6 % (209 von 256) und in der Musikgruppe zu 64,6 % (256 von 396) angenommen. Beim Vergleich der VR- mit der Musikgruppe zeigte sich bezüglich des Anteils der angebotenen Interventionen kein statistisch signifikanter Unterschied ($p = 0,86$). Die Teilnehmerate in der VR-Gruppe war statistisch signifikant ($p < 0,001$) höher als in der Musikgruppe.

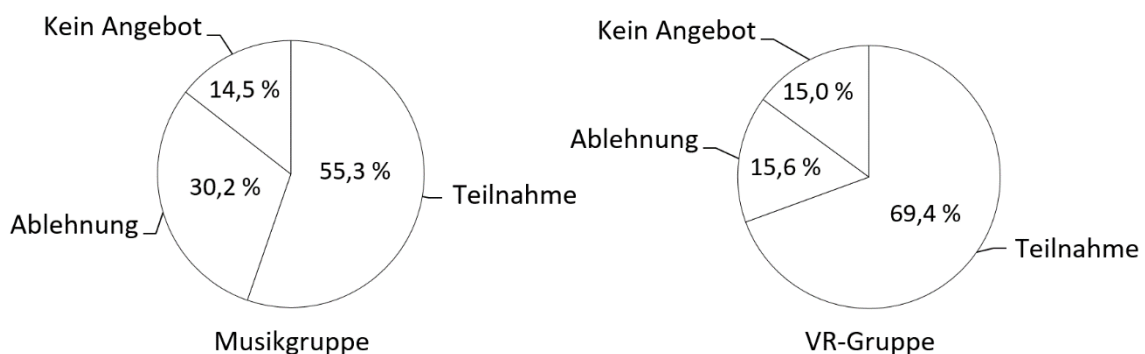


Abbildung 10: Verteilung der möglichen Interventionen in der Musik- und der VR-Gruppe

In der VR-Gruppe wurden 5 der 209 (2,4 %) begonnenen Interventionen vorzeitig beendet, davon vier aufgrund technischer Probleme. Dabei traten in der VU deutliche Latenzen auf, welche die ordnungsgemäße Anwendung verhinderten und erst bis zum Folgetag behoben

werden konnten. Eine VR-Intervention (0,5 %) wurde aufgrund zunehmender Übelkeit vorzeitig beendet. Dieser Proband berichtete bereits vor Beginn der Intervention von Übelkeit, entschied sich dennoch zur Durchführung der VR-Intervention. Insgesamt traten damit bei der VR-Intervention bei 94,4 % (17 von 18) der Probanden keine Nebenwirkungen auf.

In der Musikgruppe wurde 1 von 256 (0,4 %) Interventionen vorzeitig beendet. Hierbei löste die Musikwiedergabe Traurigkeit aus, wodurch der Proband zu weinen begann und die Anwendung beendete. Technisch bedingte Abbrüche, Übelkeit oder Erbrechen wurden in der Musikgruppe nicht festgestellt. Ebenso traten in beiden Gruppen während der Intervention keine klinischen Zeichen einer PPR auf. Bezüglich der vorzeitigen Abbrüche zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der VR- und der Musikgruppe ($p = 0,1$). Der Lebensqualitätsfragebogen wurde insgesamt 184-mal ausgeteilt und zu 94,6 % (174 von 184) am geplanten Tag und zu 95,1 % (175 von 184) vollständig beantwortet.

3.4 Vitalparameter und Wohlbefinden vor und nach den Interventionen

Die präoperativen Ausgangswerte vor Durchführung der ersten Intervention ergaben bei den Probanden der VR- und Musikgruppe im Mittelwert eine Atemfrequenz von 15,53 pro Minute (KI: 14,14–16,92), eine Herzfrequenz von 72 pro Minute (KI: 67,41–76,36), einen systolischen arteriellen Blutdruck von 147 mmHg (KI: 139,49–153,75), einen diastolischen arteriellen Blutdruck von 91 mmHg (KI: 86,43–94,75) und ein Wohlbefinden gemäß Skala von eins bis zehn von 7,12 (KI: 6,45–7,78). In diesen Kategorien zeigte sich zwischen der VR- und Musikgruppe kein statistisch signifikanter Unterschied (Atemfrequenz: $p = 0,77$; Herzfrequenz: $p = 0,09$; systolischer arterieller Blutdruck: $p = 0,84$; diastolischer arterieller Blutdruck: $p = 1,0$; Wohlbefinden: $p = 0,78$).

Während des stationären Aufenthalts zeigten sich in der VR-Gruppe beim Vergleich der durchschnittlichen präinterventionellen und postinterventionellen Werte für die Atem- und Herzfrequenz Differenzen von 0,63 Atemzyklen und 1,27 Herzschlägen pro Minute (*Abbildung 11*). Beim systolischen und diastolischen arteriellen Blutdruck wurden Mittelwertdifferenzen von 2,04 und 1,39 mmHg festgestellt. Damit waren die Atem- und Herzfrequenz nach der Intervention statistisch signifikant geringer (jeweils $p = 0,012$; $r = 0,42$). Es ergaben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede beim systolischen und diastolischen arteriellen Blutdruck ($p = 0,22$; $r = 0,21$ und $p = 0,14$; $r = 0,25$).

In der Musikgruppe zeigten sich beim Vergleich der durchschnittlichen prä- mit den postinterventionellen Werten für die Atem- und Herzfrequenz Differenzen von 0,36 Atemzyklen und 0,72 Herzschlägen pro Minute. Beim systolischen und diastolischen arteriellen Blutdruck wurden Mittelwertdifferenzen von 1,39 und 0,42 mmHg festgestellt. Bei tendenziell geringeren postinterventionellen Werten bei der Atem- und Herzfrequenz ($p = 0,17$; $p = 0,33$) sowie dem systolischen arteriellen Blutdruck ($p = 0,12$) zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zum präinterventionellen Zeitpunkt. Ebenso unterschieden sich die prä- und postinterventionellen Werte beim diastolischen arteriellen Blutdruck statistisch nicht signifikant ($p = 0,78$).

Beim Vergleich der Vitalparameter der VR- mit der Musikgruppe zeigten sich, bei tendenziell größeren Mittelwertdifferenzen in der VR-Gruppe, keine statistisch signifikanten Unterschiede.

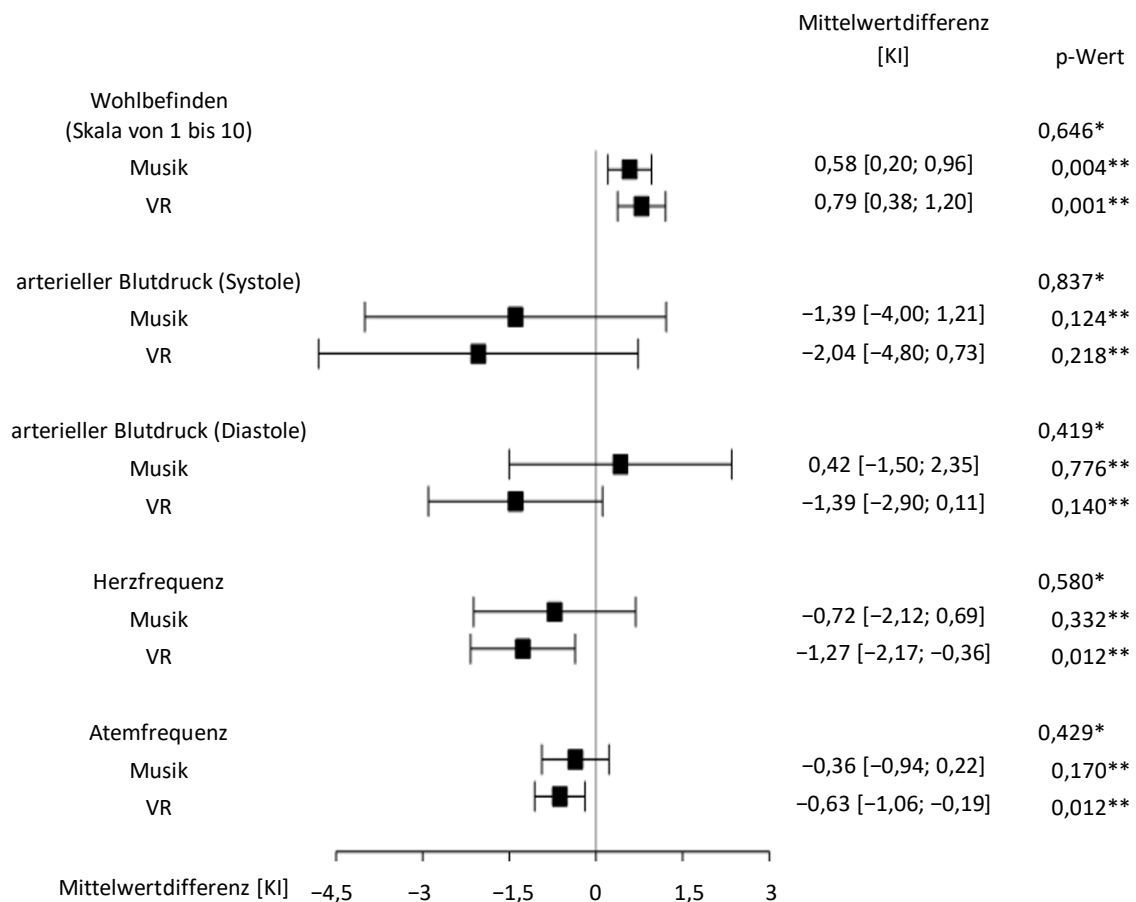


Abbildung 11: Mittlere Veränderung des Wohlbefindens und Vitalparameter nach der Intervention im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Intervention (*: Intergruppenvergleich, **: Intragruppenvergleich, KI: 95 %-Konfidenzintervall, VR: virtuelle Realität; Statistische Tests: Intergruppenvergleiche: Mann-Whitney U-Test, Intragruppenvergleiche: Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test)

Beim Vergleich des Wohlbefindens vor und nach den Interventionen zeigten sich in der VR-Gruppe und der Musikgruppe postinterventionell jeweils statistisch signifikant höhere Werte ($p = 0,001$; $p = 0,004$) bei großer Effektstärke ($r = 0,55$; $r = 0,48$). Der Vergleich der Veränderungen des Wohlbefindens zwischen der VR- und Musikgruppe erbrachte keinen statistisch signifikanten Unterschied ($p = 0,65$; $r = 0,08$).

Die Mittelwerte des Wohlbefindens gemäß Skala von eins bis zehn im zeitlichen Verlauf waren postinterventionell in jeder der untersuchten ersten zehn Interventionen tendenziell höher als präinterventionell (Abbildung 12). Zudem war das Wohlbefinden in neun der ersten zehn (90 %) Interventionen postinterventionell tendenziell höher als unmittelbar vor der nächsten Intervention. Die geringsten Werte für das Wohlbefinden wurden an den ersten beiden postoperativen Tagen (Musikgruppe: $M = 4,3$; VR-Gruppe: $M = 5,11$) festgestellt. Am Abend des zweiten postoperativen Tages war das Wohlbefinden in der VR- ($M = 7,0$) und Musikgruppe ($M = 6,78$) vergleichbar mit den präoperativen Werten.

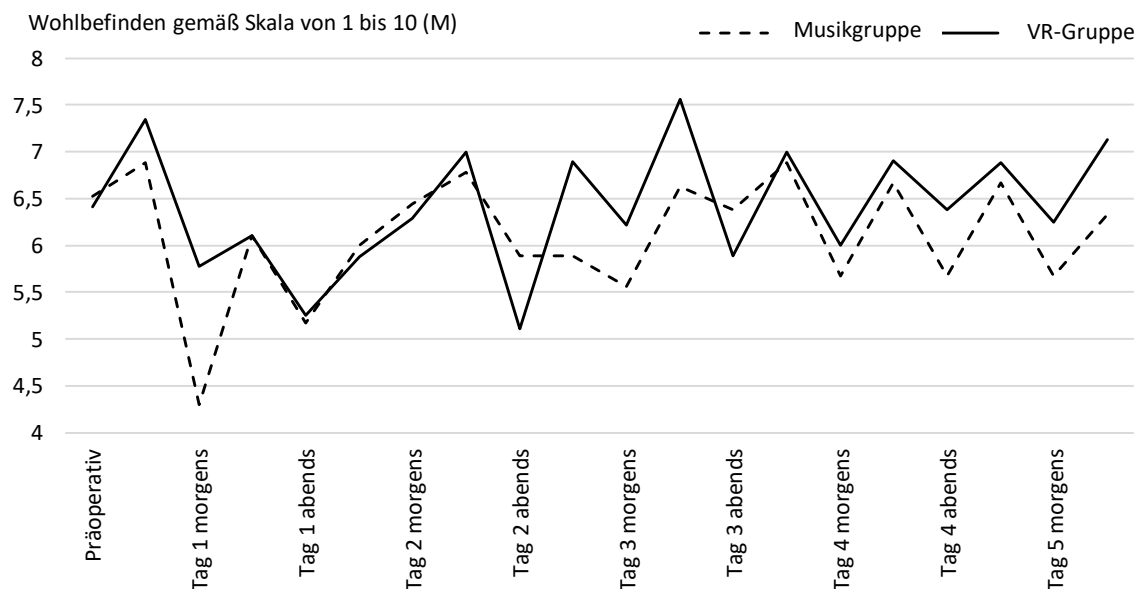


Abbildung 12: Verlauf des Wohlbefindens während der erste Woche (Abend vor der Operation bis Tag 5 morgens) des stationären Aufenthalts, jeweils vor der Intervention mit nachfolgendem Datenpunkt nach der Intervention (M: arithmetisches Mittel, VR: virtuelle Realität)

3.5 Beschreibung des Wohlbefindens vor und nach den Interventionen

Bei den präoperativen Ausgangswerten vor der ersten Intervention wurden von den Probanden der VR- und Musikgruppe die Kategorien besorgt (55,9 %), angespannt (44,1 %) und ruhig

(38,2 %) am häufigsten angegeben (*Abbildung 13*). Dabei wurde die Kategorie angespannt statistisch signifikant häufiger ausgewählt als die Kategorie entspannt ($p = 0,04$). Der Vergleich von VR- mit der Musikgruppe zeigte in keiner Kategorie einen statistisch signifikanten Unterschied.

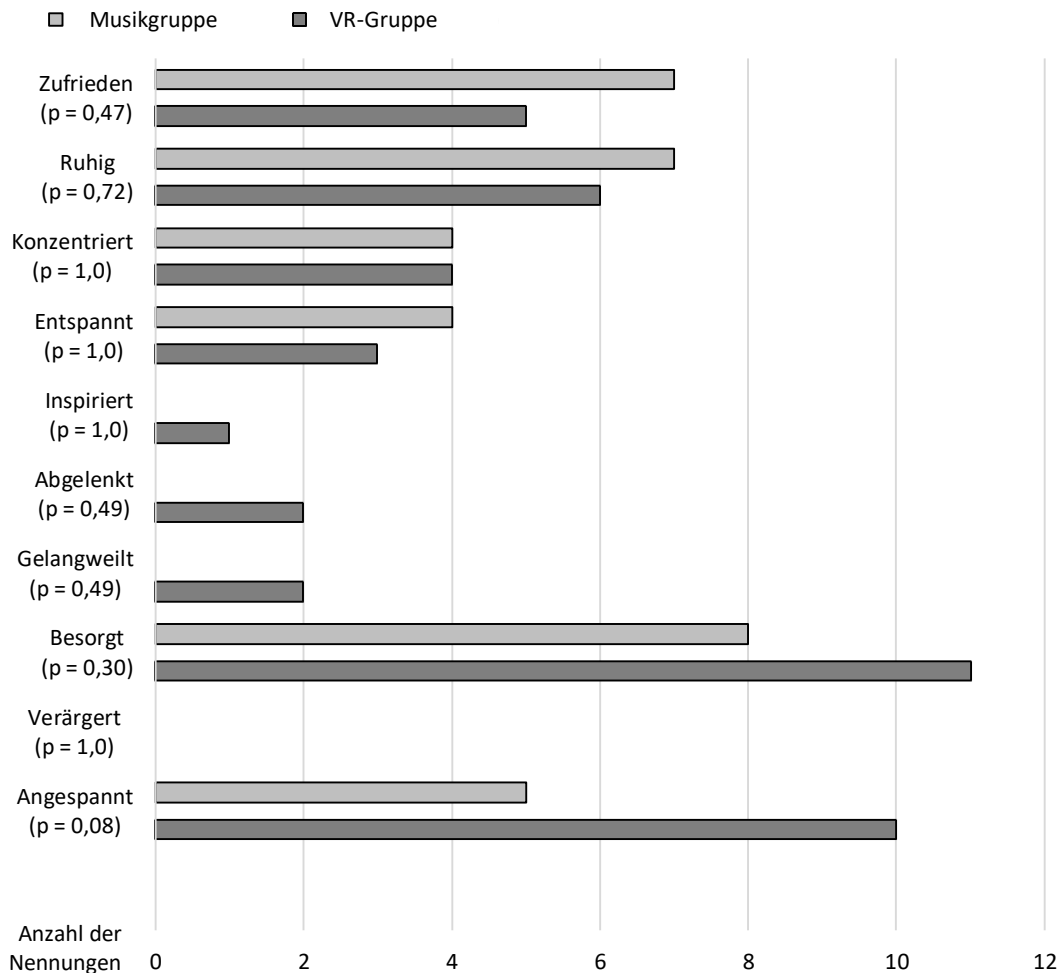


Abbildung 13: Beschreibung des Wohlbefindens präoperativ vor der ersten Intervention in absoluten Häufigkeiten (VR: virtuelle Realität; Statistischer Test zum Intergruppenvergleich bei jeder Variable: Exakter Test nach Fisher)

In der VR-Gruppe wurden die Kategorien zufrieden ($p = 0,010$; $r = 0,43$), ruhig ($p = 0,006$; $r = 0,46$), entspannt ($p = 0,003$; $r = 0,49$), inspiriert ($p = 0,009$; $r = 0,44$) und abgelenkt ($p = 0,036$; $r = 0,35$) nach den Interventionen statistisch signifikant häufiger ausgewählt als zuvor (*Abbildung 14*). Die Kategorien gelangweilt ($p = 0,022$; $r = 0,38$), besorgt ($p = 0,002$; $r = 0,52$) und angespannt ($p = 0,001$; $r = 0,57$) wurden postinterventionell statistisch signifikant weniger häufig ausgewählt als vor den Interventionen.

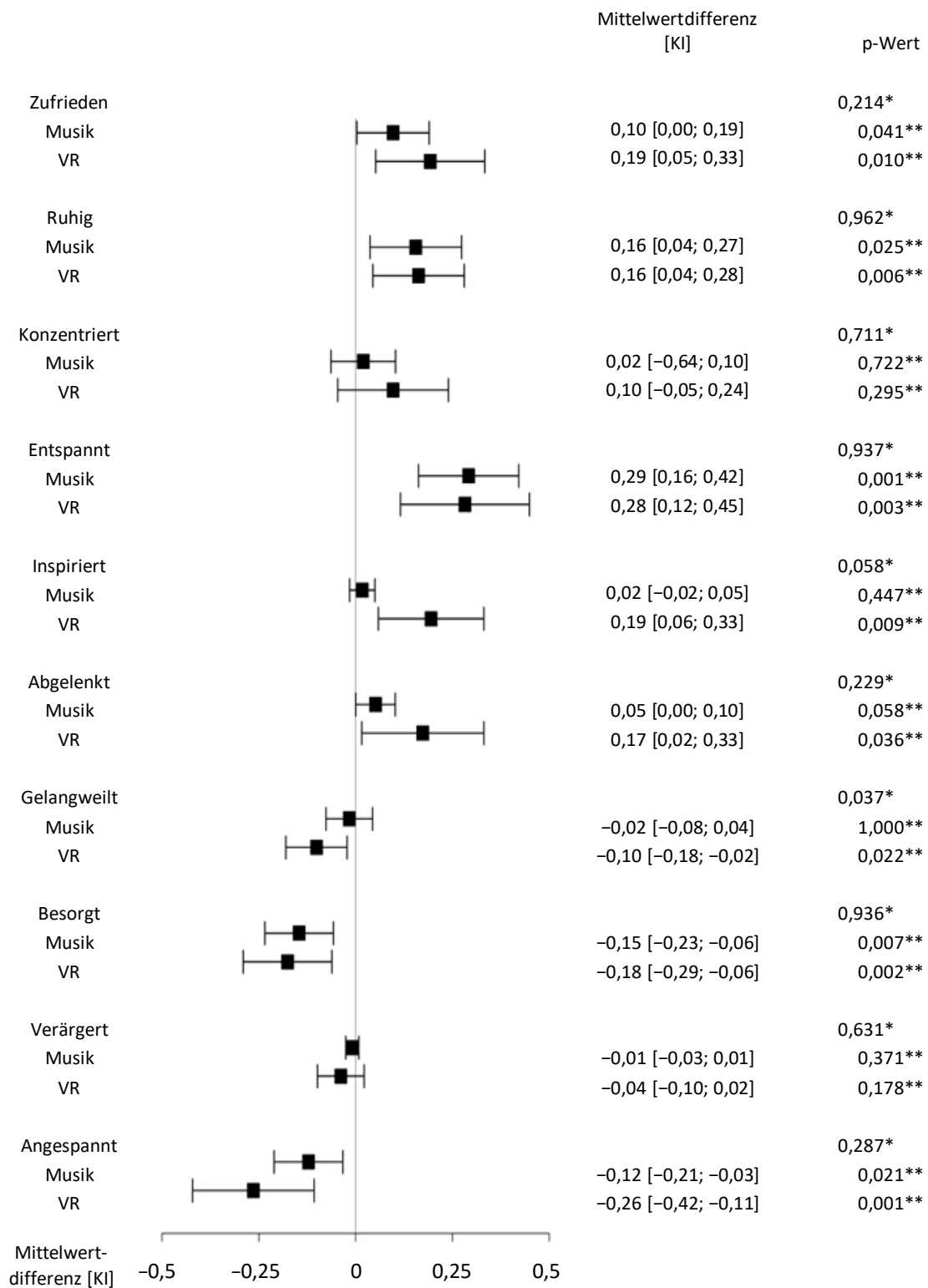


Abbildung 14: Mittlere Veränderung der Beschreibung des Wohlbefindens nach der Intervention im Vergleich zum Zeitpunkt vor der Intervention (*: Intergruppenvergleich, **: Intragruppenvergleich, KI: 95 %-Konfidenzintervall, VR: virtuelle Realität; Statistische Tests: Intergruppenvergleiche: Mann-Whitney U-Test, Intragruppenvergleiche: Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test)

In der Musikgruppe wurden die Kategorien zufrieden ($p = 0,041$; $r = 0,34$), ruhig ($p = 0,025$; $r = 0,37$) und entspannt ($p = 0,001$; $r = 0,57$) nach den Interventionen statistisch signifikant häufiger ausgewählt als zuvor. Dahingegen wurden die Kategorien besorgt ($p = 0,007$; $r = 0,45$) und angespannt ($p = 0,021$; $r = 0,38$) postinterventionell statistisch signifikant weniger häufig angegeben. Im Gegensatz zur VR-Gruppe gab es in der Musikgruppe keine statistisch signifikanten Veränderungen in den Kategorien inspiriert ($p = 0,45$), abgelenkt ($p = 0,06$) und gelangweilt ($p = 1,0$).

Im Intergruppenvergleich zeigte sich in der VR-Gruppe eine statistisch signifikant größere Abnahme in der Kategorie gelangweilt ($p = 0,037$; $r = 0,35$). In den anderen Kategorien zeigten sich keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen der VR- und Musikgruppe.

3.6 Funktionsskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 präoperativ

Die Funktionsskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 aller Probanden zeigten präoperativ die größten Einschränkungen bei der globalen und der emotionalen Funktion (*Abbildung 15*). So war die Einschränkung der emotionalen Funktion bei 55,6 % (30 von 54) der Probanden klinisch relevant. Die geringsten Einschränkungen zeigten sich bei der physischen, der kognitiven und der Rollenfunktion. 31,5 % (17 von 54) der Probanden waren präoperativ in Bezug auf die physische Funktion klinisch relevant eingeschränkt. Die Intergruppenanalyse ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen VR-, Musik- und Kontrollgruppe bei stationärer Aufnahme.

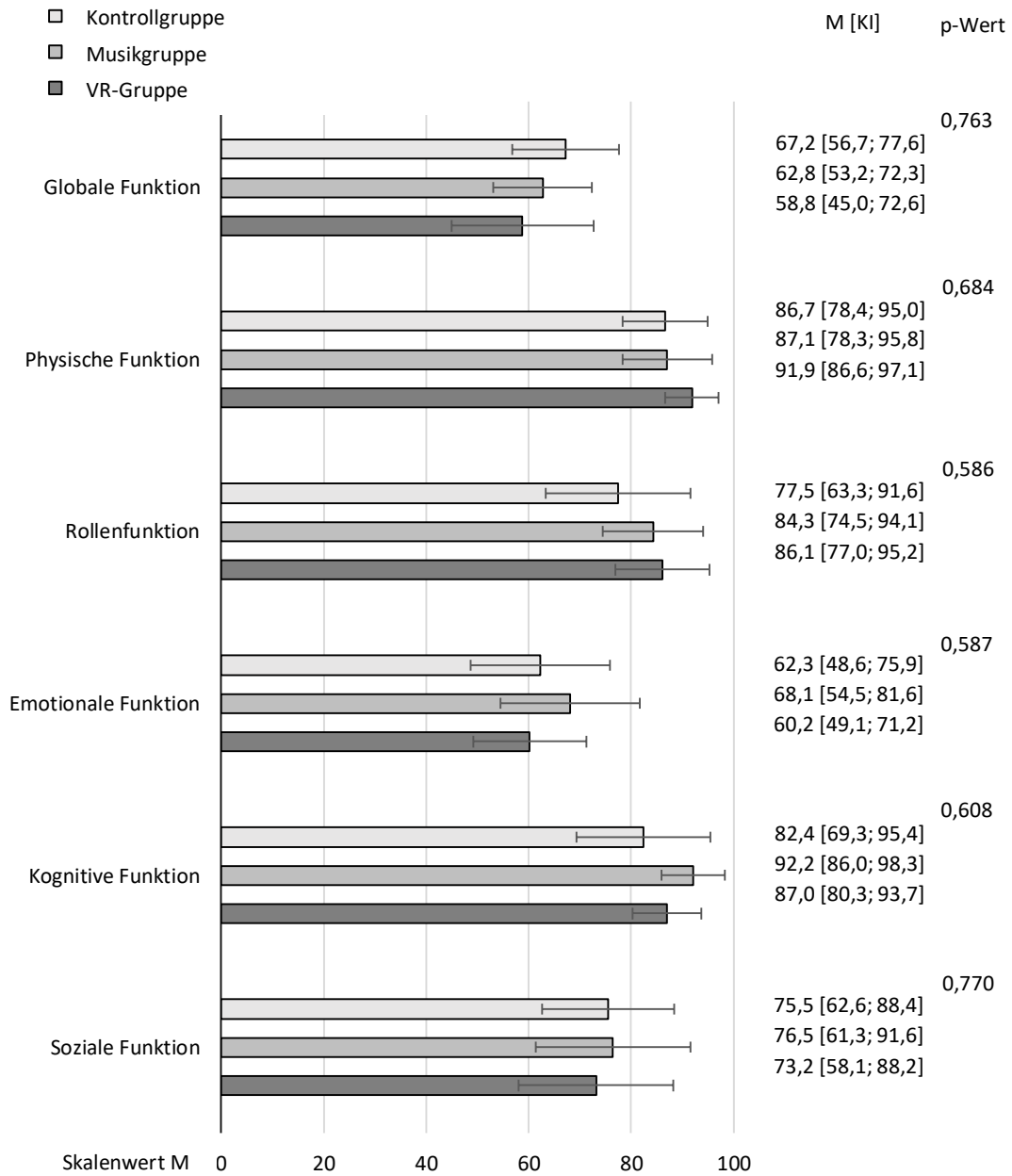


Abbildung 15: Funktionsskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 bei stationärer Aufnahme (KI: 95 %-Konfidenzintervall, M: arithmetisches Mittel, VR: virtuelle Realität; Statistischer Test für Intergruppenvergleiche: Kruskal-Wallis-Test)

3.7 Veränderung der Funktionsskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2

Unabhängig der Studiengruppen waren die Rollenfunktion ($M = -46,5$; $KI: -58,3 - -34,8$; $p < 0,001$; $r = 0,48$), die physische ($M = -25,9$; $KI: -32,7 - -19,2$; $p < 0,001$; $r = 0,47$), die globale ($M = -14,2$; $KI: -21,7 - -6,7$; $p < 0,001$; $r = 0,26$), die soziale ($M = -22,4$; $KI: -34,2 - -10,6$; $p < 0,001$; $r = 0,26$) und die kognitive Funktion ($M = 8,0$; $KI: -15,2 - -0,8$; $p = 0,030$; $r = 0,15$) bei der Entlassung statistisch signifikant geringer als bei der Aufnahme. Dabei stieg der Anteil der Probanden mit klinisch relevanter physischer Einschränkung statistisch signifikant von 31,5 % auf 77,8 % ($p < 0,001$) an. Im Gegensatz dazu zeigten sich in der Kategorie emotionale Funktion bei den Mittelwerten ($p = 0,56$) und beim Anteil der Probanden mit klinisch relevanter Einschränkung ($p = 0,21$) keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Zeitpunkten der stationären Aufnahme und dem Tag der Entlassung.

In der VR-Gruppe waren die soziale ($p = 0,013$; $r = 0,41$) und die physische Funktion ($p = 0,001$; $r = 0,55$) sowie die Rollenfunktion ($p = 0,001$; $r = 0,56$) am Tag der Entlassung statistisch signifikant geringer als präoperativ (*Abbildung 16*). Tendenziell geringer waren die globale ($p = 0,07$; $r = 0,30$) und die kognitive ($p = 0,06$; $r = 0,31$) Funktion am Tag der Entlassung, wobei keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt wurden. Keine Änderungen zeigte sich in der Kategorie emotionale Funktion ($p = 0,84$).

Bei statistisch signifikanten Rückgängen in der Kontroll- und der Musikgruppe bei der physischen ($p = 0,001$ und $p = 0,009$) und der Rollenfunktion ($p = 0,003$ und $p = 0,004$), zeigte sich in diesen Kategorien kein Unterschied im Intergruppenvergleich ($p = 0,25$; $p = 0,20$). Ebenso zeigten sich keine Unterschiede im Intergruppenvergleich bei der emotionalen ($p = 0,57$), der kognitiven ($p = 0,47$), der globalen ($p = 0,96$) und der sozialen Funktion ($p = 0,15$).

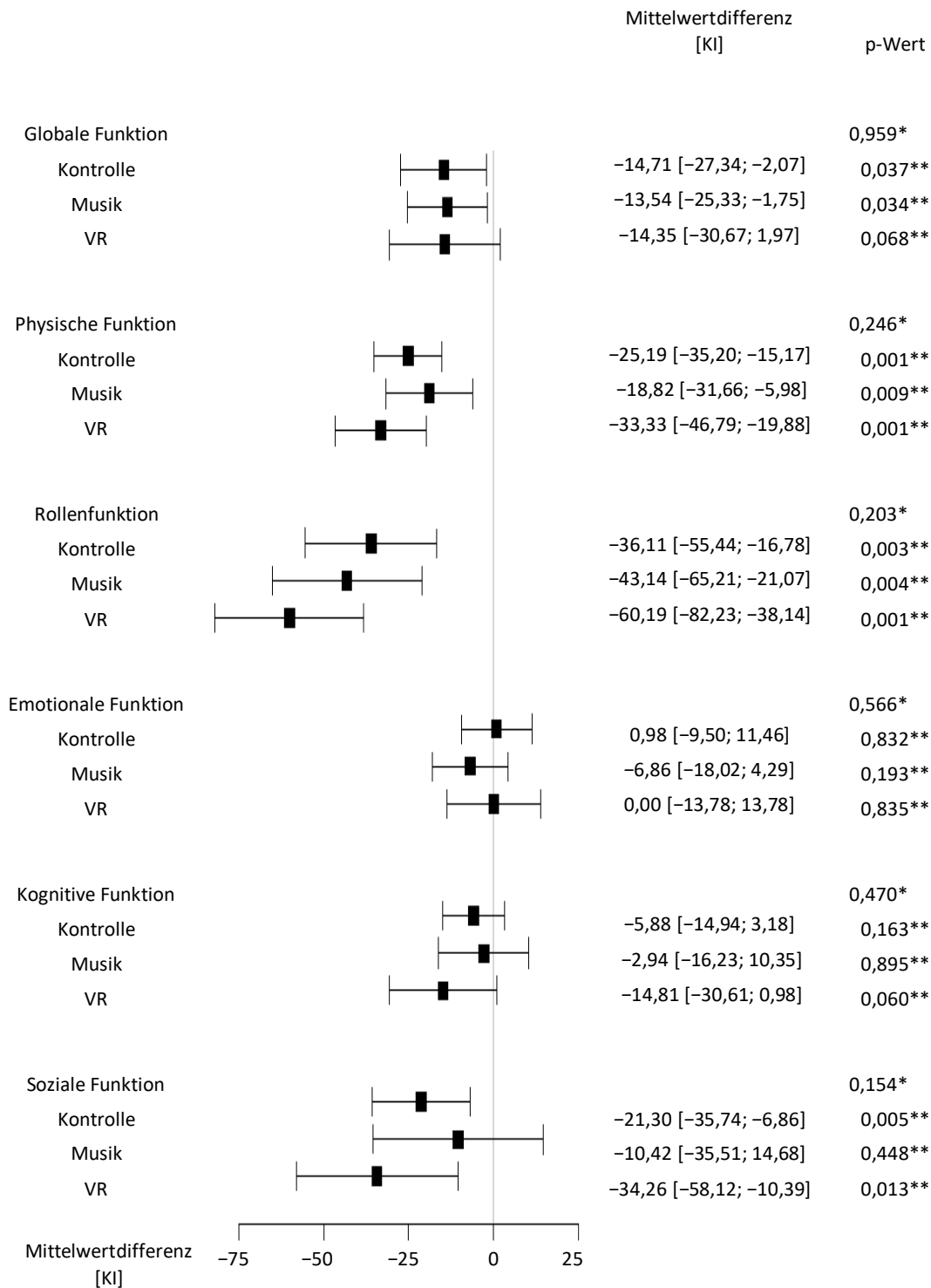


Abbildung 16: Mittlere Veränderung der Funktionsskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 am Tag der Entlassung im Vergleich zum präoperativem Erhebungszeitpunkt (*: Intergruppenvergleich, **: Intragruppenvergleich, KI: 95 %-Konfidenzintervall, VR: virtuelle Realität; Statistische Tests: Intergruppenvergleiche: Kruskal-Wallis-Test, Intragruppenvergleiche: Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test)

3.8 Symptomskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 präoperativ

Die Symptomskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 zeigten präoperativ zwischen der VR-, Musik- und Kontrollgruppe keine statistisch signifikanten Unterschiede (*Abbildung 17*).

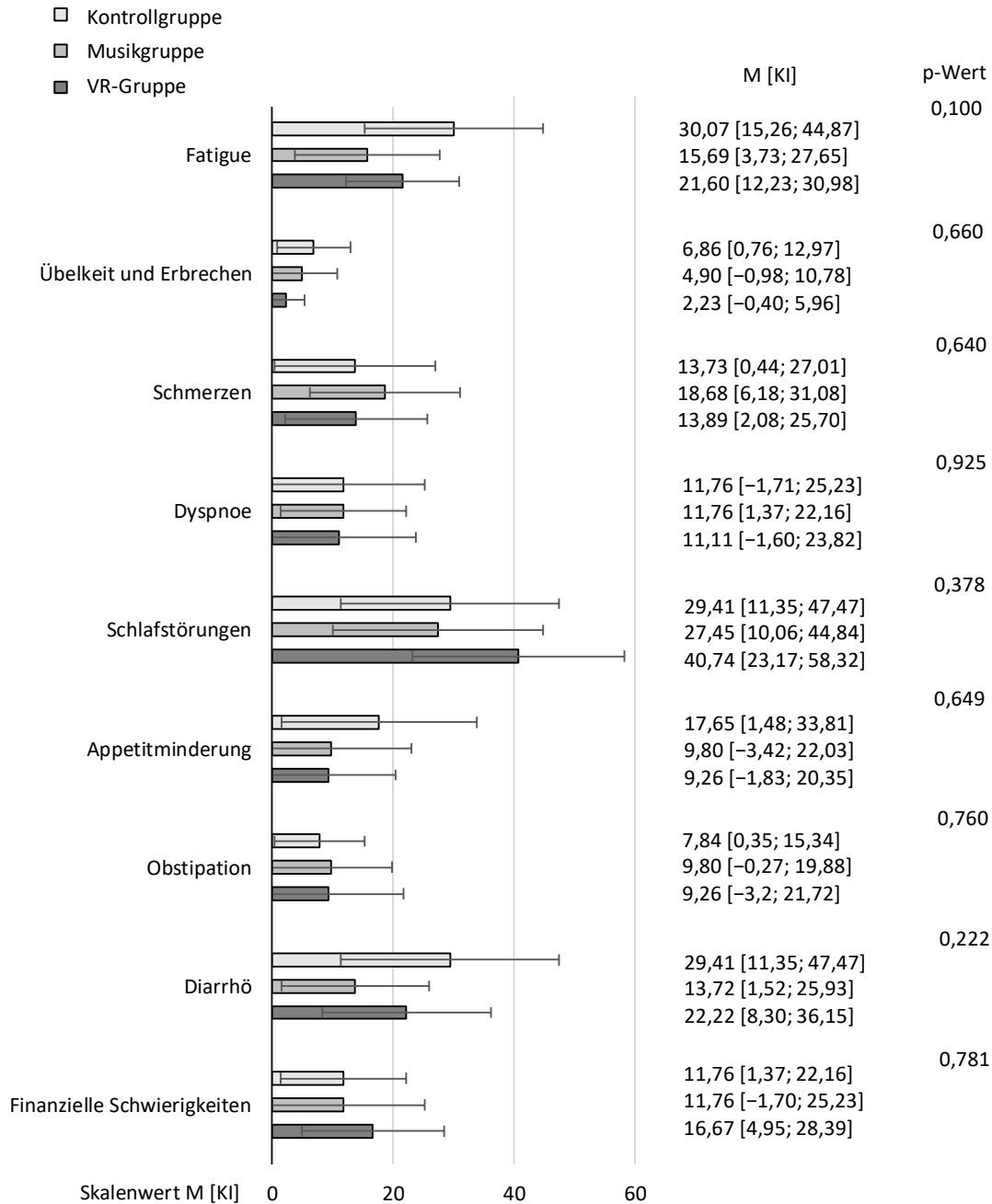


Abbildung 17: Symptomskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 bei stationärer Aufnahme (KI: 95 %-Konfidenzintervall, M: arithmetisches Mittel, VR: virtuelle Realität; Statistischer Test für Intergruppenvergleiche: Kruskal-Wallis-Test)

Unabhängig der Studiengruppen waren die Mittelwerte in den Kategorien Dyspnoe, Obstipation sowie Übelkeit und Erbrechen präoperativ am geringsten. Die höchsten Mittelwerte zeigten sich bei Fatigue, Schlafstörungen und Diarrhö. Dabei war Fatigue bei 22,2 % und Schmerz bei 31,5 % aller Probanden präoperativ klinisch relevant ohne Gruppenunterschiede (Fatigue: $p = 0,73$; Schmerzen: $p = 0,43$).

3.9 Veränderungen der Symptomskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2

Unabhängig der Studiengruppen waren die Symptome Fatigue ($M = 28,1$, $KI: 19,9–36,3$; $r = 0,43$), Schmerz ($M = 28,0$; $KI: 18,3–37,6$; $r = 0,37$), Appetitminderung ($M = 25,5$; $KI: 15,0–36,3$; $r = 0,32$), Schlafstörungen ($M = 24,5$; $KI: 15,7–33,4$; $r = 0,36$), Dyspnoe ($M = 14,5$; $KI: 7,6–21,3$; $r = 0,28$) sowie Übelkeit und Erbrechen ($M = 14,8$; $KI: 6,8–22,8$; $r = 0,25$) am Tag der Entlassung höher (jeweils $p < 0,001$) als präoperativ. Unverändert waren die Symptome Obstipation ($p = 0,55$), finanzielle Belastung ($p = 0,57$) und Diarrhö ($p = 0,66$).

In der VR-Gruppe zeigten sich am Tag der Entlassung höhere Mittelwerte in den Kategorien Fatigue ($p = 0,001$; $r = 0,56$), Übelkeit und Erbrechen ($p = 0,014$; $r = 0,41$), Schmerzen ($p = 0,002$; $r = 0,51$), Schlafstörungen ($p = 0,005$; $r = 0,47$), Appetitminderung ($p = 0,003$; $r = 0,49$) und Dyspnoe ($p = 0,020$; $r = 0,39$) als präoperativ (*Abbildung 18*). Unverändert waren die Mittelwerte in den Kategorien Obstipation ($p = 0,27$), Diarrhö ($p = 0,76$) und finanzielle Belastung ($p = 0,94$; *Abbildung 19*).

In Musikgruppe waren die Mittelwerte in den Kategorien Übelkeit und Erbrechen ($p = 0,06$; $r = 0,32$), Schmerzen ($p = 0,12$; $r = 0,26$) und Dyspnoe ($p = 0,16$; $r = 0,23$) am Tag der Entlassung tendenziell größer als präoperativ, wobei im Gegensatz zur VR-Gruppe keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt wurden.

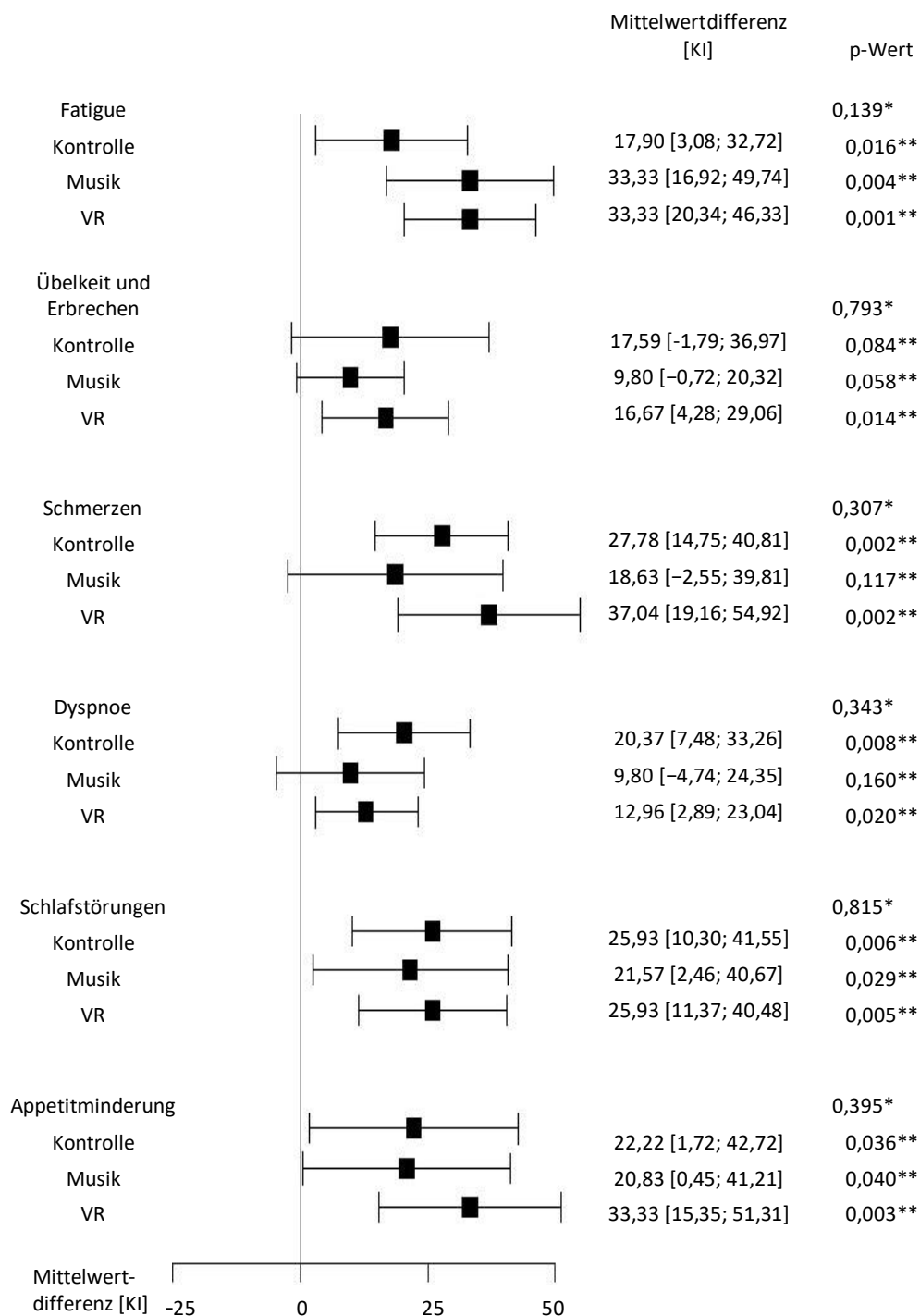


Abbildung 18: Mittlere Veränderung der Symptomskalen (Teil 1) des EORTC-QLQ-C40 am Tag der Entlassung im Vergleich zum präoperativem Erhebungszeitpunkt (*: Intergruppenvergleich, **: Intragruppenvergleich, KI: 95 %-Konfidenzintervall, VR: virtuelle Realität; Statistische Tests: Intergruppenvergleiche: Kruskal-Wallis-Test, Intragruppenvergleiche: Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test)

In Bezug auf die klinische Relevanz der Symptome war der Anteil der Probanden mit klinisch relevanten Schmerzen am Tag der Entlassung (73,6 %; 39 von 53) höher ($p < 0,001$) als präoperativ (31,5 %; 17 von 54). Ebenso war der Anteil von Probanden mit klinisch relevanter Fatigue am Tag der Entlassung (60,4 %; 32 von 53) statistisch signifikant höher ($p < 0,001$) als präoperativ 22,2 % (12 von 54). Der Intergruppenvergleich zeigte jeweils keine statistisch signifikanten Unterschiede (Schmerzen: $p = 0,66$; Fatigue: $p = 0,39$).

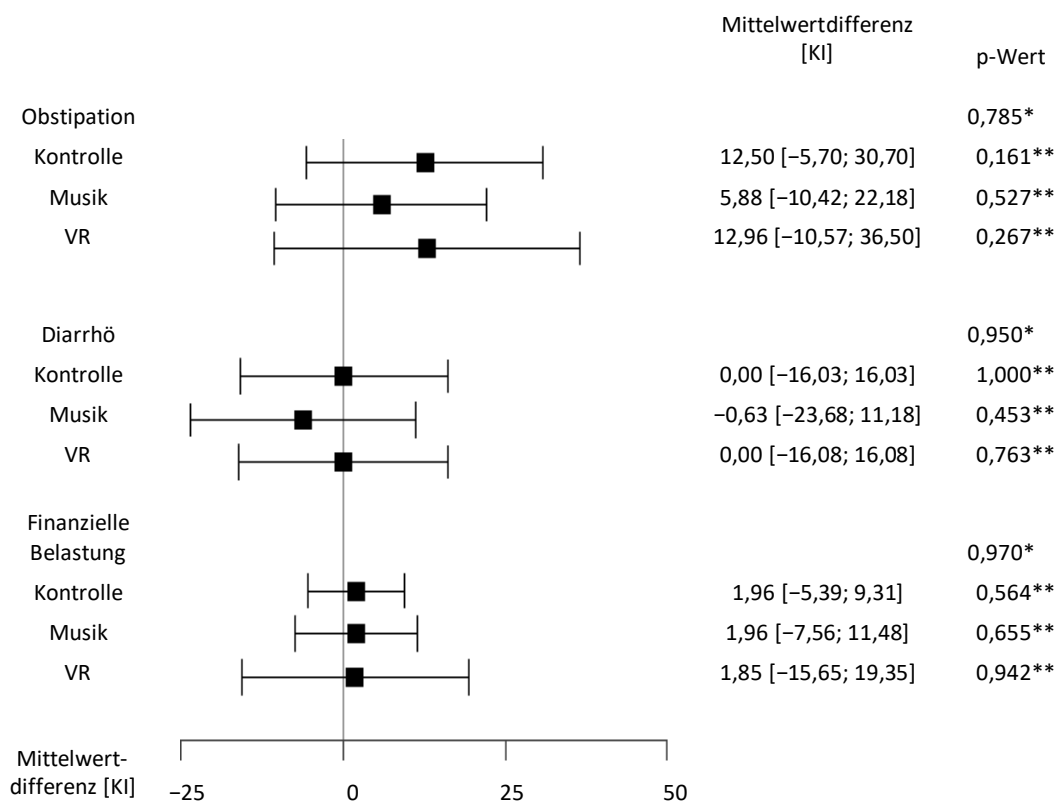


Abbildung 19: Mittlere Veränderung der Symptomskalen (Teil 2) des EORTC-QLQ-C40 am Tag der Entlassung im Vergleich zum präoperativem Erhebungszeitpunkt (*: Intergruppenvergleich, **: Intragruppenvergleich (KI: 95 %-Konfidenzintervall, VR: virtuelle Realität; Statistische Tests: Intergruppenvergleiche: Kruskal-Wallis-Test, Intragruppenvergleiche: Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test)

3.10 Patientenzufriedenheit

Unabhängig der Studiengruppen wurde die medizinische Betreuung insgesamt als sehr gut ($M = 72,6$; $KI: 66,2-78,9$) bewertet. Die höchste Zufriedenheit zeigte sich bei der medizinischen Nachbehandlung ($M = 82,4$; $KI: 76,5-88,2$) und dem entgegengebrachten Interesse ($M = 79,9$; $KI: 73,9-85,9$), welche als sehr gut bis ausgezeichnet beschrieben wurden. Geringere Mittelwerte, wurden in den Kategorien Zeit bei Visiten ($M = 66,2$; $KI: 58,5-73,9$) sowie bei Trost und Unterstützung ($M = 69,6$; $KI: 63,0-76,3$) angegeben, welche damit als gut bis sehr gut bewertet wurden. Die Intergruppenvergleiche erbrachten keine statistisch signifikanten Unterschiede (*Abbildung 20*).

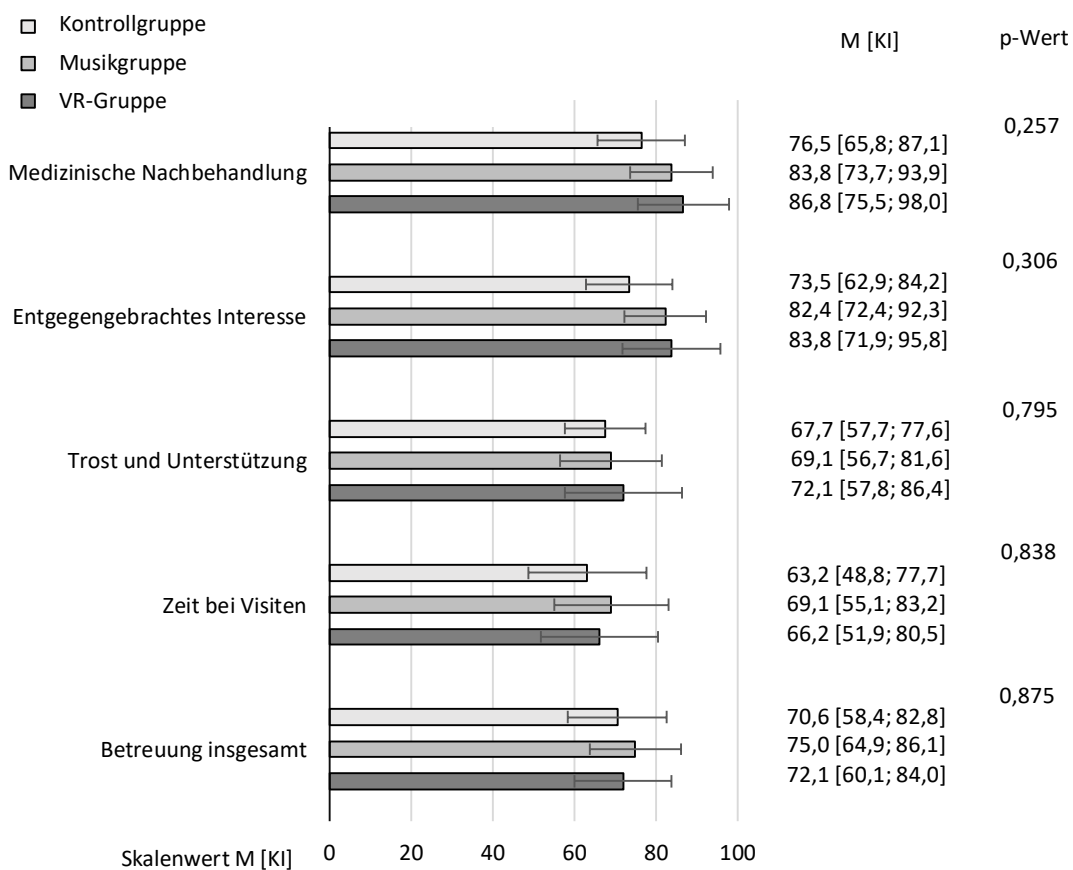


Abbildung 20: Patientenzufriedenheit mit dem stationären Aufenthalt am Tag der Entlassung (KI: 95 %-Konfidenzintervall, M: arithmetisches Mittel, VR: virtuelle Realität; Statistischer Test für Intergruppenvergleiche: Kruskal-Wallis-Test)

4 Diskussion

4.1 Machbarkeit der VR-Interventionen im Kontext der Studienlage

Anwendungen von VR können durch Ablenkung, Induktion positiver Emotionen und Entspannung sowie durch Erlernen von Bewältigungsmechanismen zu einer Verbesserung des Wohlbefindens beitragen (98, 100, 131). Bisherige Studien untersuchten die Anwendung von VR vor allem bei Gesunden oder postoperativ bei Patienten ohne onkologische Grunderkrankung (111, 131, 144). Diese Arbeit liefert erste Erkenntnisse zur Machbarkeit und möglichem Nutzen von perioperativen VR-Interventionen bei Patienten, die eine onkologische Resektion eines KRK erhalten.

Die geplanten 54 Probanden konnten bei einer Rekrutierungsrate von 64,3 % in die Studie eingeschlossen werden. Von den geplanten Interventionen konnten den Probanden in VR- und Musikgruppe jeweils circa 85 % angeboten werden. Hierbei war die Teilnahmerate an den Interventionen in der VR-Gruppe (81,6 %) höher als in der Musikgruppe (64,6 %, $p < 0,001$). Der Anteil an vorzeitig beendeten VR-Interventionen, aufgrund von CS (0,5 %) oder technischen Störungen (1,9 %), war gering und unterschied sich nicht signifikant zur Musikgruppe ($p = 0,1$). Es traten keine schwerwiegenden unerwünschten Nebenwirkungen auf.

Diese Arbeit zeigt, dass Patienten während des stationären Aufenthalts zur Resektion bei KRK mehrheitlich bereit sind, an Studien zu VR-Interventionen teilzunehmen. Zudem gibt es keinen Hinweis, dass die Bereitschaft zur Studienteilnahme bei den untersuchten Probanden geringer ist als in anderen Studienpopulationen. So lag die Rekrutierungsrate (64,3 %) innerhalb des Bereichs von vergleichbaren Studien (34 %–85 %), welche die Anwendung von VR bei hospitalisierten Patienten untersuchten (108, 111, 145, 146).

Die Ergebnisse dieser Studie lassen Rückschlüsse auf einen Großteil der Patienten mit KRK zu. So war die Verteilung der Probandencharakteristika weitgehend konsistent mit epidemiologischen Daten der deutschen Bevölkerung mit KRK, entsprechend einer höheren Inzidenz bei zunehmendem Alter, männlichem Geschlecht und Übergewicht (2, 147). Lediglich der Anteil an Probanden mit Metastasierung (11,1 %) und das Alter (Mdn = 60,5 Jahre) war in dieser Studie tendenziell geringer als bei Patienten mit KRK in Deutschland (24 %–26 %; Mdn = 71–75 Jahre)(2). Es ist durchaus denkbar, dass ein höheres Alter und eine fortgeschrittene Krebserkrankung mit geringeren Teilnahmeraten an einer Studie zu VR-

Interventionen assoziiert sind, wobei Studien, welche diese Subgruppen analysierten, ebenfalls hohe Teilnahmeraten nachwiesen (111, 117). Dahingegen zeigten Übersichtsarbeiten, dass Einschlusskriterien ein Hauptgrund für die Abweichungen zwischen Probandencharakteristika in Studien und epidemiologischen Daten sind (148, 149). So waren das tendenziell geringere Probandenalter und die geringere Metastasierungsrate in dieser Studie primär durch die Einschlusskriterien bedingt, welche das Alter auf bis zu 75 Jahre und bei metastasiertem Stadium auf lediglich Operationen der hepatischen Metastasen begrenzten.

Auf Grundlage der vergleichbaren Komplikationen und Krankenhausverweildauern in den drei Studiengruppen ist nicht davon auszugehen, dass sich die VR- und die Musikinterventionen nachteilig auf den postoperativen Verlauf der Probanden auswirken. Zwar zeigten sich in der Musikgruppe eine größere Komplikationslast sowie tendenziell größere Werte bei der Krankenhausverweildauer und den höhergradigen Komplikationen. Allerdings waren in dieser Studiengruppe auch bekannte Faktoren, welche mit höheren Komplikationsraten und Krankenhausverweildauern assoziiert sind, wie Laparotomien, das männliche Geschlecht und ein höheres Probandenalter, tendenziell häufiger vorhanden (150-152). So weisen diese bekannten Zusammenhänge darauf hin, dass die höheren Komplikationsraten und tendenziell längeren Krankenhausverweildauern in der Musikgruppe am ehesten durch Patienten- und Operationscharakteristika bedingt waren.

Diese Studie zeigt, dass Anwendungen in der VR in den klinischen Alltag implementierbar sind, da den Teilnehmern die meisten VR- wie auch Musikinterventionen, jeweils circa 85 %, angeboten werden konnten. Zudem waren die Patienten, als Ausdruck der hohen Adhärenz, überwiegend bereit, an den VR-Interventionen teilzunehmen. Diese Teilnahmerate (81,6 %) war konsistent mit einer anderen Studie (73,7 %) mit wiederholten VR-Interventionen bei onkologischen Patienten während des stationären Aufenthalts ohne operativen Eingriff (111). Daher gibt es keinen Hinweis, dass die Adhärenz perioperativ geringer ist als bei Patienten, die keine Operation erhielten. Dahingegen wurden in Studien mit nur einzelnen VR-Interventionen Teilnahmeraten von über 90 % beschrieben, was auf eine negative Korrelation der Anzahl der geplanten Interventionen mit den Teilnahmeraten hinweist und die Bedeutung des Interventionsdesigns für die Adhärenz hervorhebt (112, 153, 154).

In der VR-Gruppe war die Teilnahmerate an den Interventionen höher als in der Musikgruppe, entsprechend einer größeren Adhärenz gegenüber der VR-Intervention. Da wiederholte

Anwendungen das Lernen von Bewältigungsmechanismen erleichtern, ist auch anzunehmen, dass eine größere Adhärenz den potentiellen Nutzen der Interventionen für die Probanden erhöhen kann. So zeigte eine Metaanalyse zu Entspannungsübungen, dass die Durchführung von Interventionen über längere Zeiträume zu größeren Effektstärken führte (155). Es ist denkbar, dass die Teilnahmerate in der Musikgruppe mit den individuellen Präferenzen in Bezug auf den Musikstil zusammenhängt und sich möglicherweise eine höhere Teilnahmerate bei Auswahlmöglichkeiten für verschiedene Musikstile gezeigt hätte (156). Zudem wurden in einer Studie beim Hören der präferierten Musik ebenso positive Einflüsse auf Vitalparameter und das Wohlbefinden festgestellt wie beim Hören klassischer Musik (157). Allerdings ist ebenso bekannt, dass Probanden bezüglich der VU Präferenzen haben, welche sich positiv auf die Adhärenz und Nutzen auswirken können (100, 158). So wurde sowohl in der Musik- als auch in der VR-Gruppe zur besseren Vergleichbarkeit der Ergebnisse ein standardisierter beziehungsweise kein patientenindividueller Ansatz durchgeführt.

Darüber hinaus sind einige weitere Faktoren bekannt, welche die Adhärenz der Probanden beeinflussen, wie beispielsweise demographische Daten, die Komplexität, der Zeitaufwand und die Nebenwirkungen der Interventionen sowie psychologische Faktoren (159). In dieser Studie zeigten sich bei den demographischen Daten und den Nebenwirkungen der Interventionen keine Unterschiede. Ebenso waren Komplexität und Zeitaufwand der Interventionen durch die Betreuung durch das Studienpersonal vergleichbar. Allerdings ist es denkbar, dass ein wichtiger psychologischer Faktor, die Wahrnehmung der Effektivität und Vorteilhaftigkeit von Interventionen, zu der höheren Adhärenz in der VR-Gruppe beigetragen hat (159). Damit konsistent sind die Vorteile der VR-Intervention gegenüber der Musikintervention in den Kategorien Langeweile sowie die tendenziell größeren Einflüsse in den Kategorien Inspiration, Zufriedenheit und Ablenkung sowie auf die Vitalparameter. Allerdings ist es ebenso denkbar, dass sich diese Vorteile erst aufgrund der höheren Adhärenz in der VR-Gruppe zeigten.

Die in dieser Studie dargestellte nebenwirkungsarme Durchführung und technische Zuverlässigkeit zeigen die Sicherheit der VR-Interventionen für die Patienten. So wurde der Großteil der Interventionen (97,6 %) komplikationslos durchgeführt, wobei sich keine schwerwiegende unerwünschte Nebenwirkung zeigte. Die erforderliche vorzeitige Beendigung einer VR-Intervention war durch die Zunahme von Übelkeit und Erbrechen bedingt, welche auch Symptome von CS sein können (115). Die Häufigkeit der vorzeitigen Beendigung in Relation zur Anzahl der durchgeführten Interventionen (0,5 %; 1 von 204) sowie in Relation zur Anzahl der

Probanden (5,6 %) ist vergleichbar mit anderen Studien. So zeigten sich in einer Metaanalyse, welche moderne HMDs untersuchte, durch CS-bedingte vorzeitige Beendigungen im Mittelwert bei 1,8 % bis 24,5 % der untersuchten Probanden, wobei in 42 von 57 (73,7 %) der miteinbezogenen Studien kein durch CS-bedingter vorzeitiger Abbruch festgestellt wurde (124). In Studien zur Anwendung von VR bei hospitalisierten Patienten mit onkologischen Grunderkrankungen wurden vorzeitige medizinisch bedingte Abbrüche bei 0 % bis 6,6 % der Probanden berichtet (108, 145, 153).

Übelkeit und Erbrechen sind im postoperativen Verlauf nach kolorektalchirurgischen Eingriffen häufige Symptome, welche bei circa 22 % bis 45 % der Probanden auftreten, was die Abgrenzung zur CS erschwert (160-162). So war auch in dieser Studie bei 31 % der Probanden im postoperativen Verlauf die Anlage einer Magensonde, aufgrund von Übelkeit und Erbrechen, unabhängig der VR-Intervention erforderlich. Als Unterscheidungsmerkmal zur Abgrenzung VR-bedingter Übelkeit und Erbrechen von anderen Ursachen scheint der zeitliche Zusammenhang zwischen dem Beginn der Intervention und den Symptomen sinnvoll, da CS vor allem erst ab circa zehn Minuten nach Beginn der Intervention auftritt (124, 163). Bei dem Teilnehmer, bei welchem die VR-Intervention vorzeitig beendet wurde, bestand Übelkeit bereits vor und damit unabhängig der Intervention, aufgrund einer gastrointestinalen Passagestörung. Allerdings wurde die VR-Intervention vorzeitig beendet, da die Übelkeit weiter zunahm. So ist nicht sicher differenzierbar, ob die Zunahme von Übelkeit durch die bei dem Probanden bekannte gastrointestinale Passagestörung oder durch die VR-Intervention bedingt war. Dennoch ist es, aufgrund des bekannten Einflusses von VR-Interventionen auf CS und damit auch auf Übelkeit und Erbrechen, nicht unwahrscheinlich, dass die VR-Intervention die vorbekannte Symptomatik unabhängig der gastrointestinalen Passagestörung aggravierte (115). Dies zeigt, dass eine genaue Evaluation des Wohlbefindens und der Symptome vor Beginn der VR-Interventionen erforderlich ist, um das Risiko für unerwünschte Nebenwirkungen zu minimieren. Insgesamt wurden die VR-Interventionen dennoch gut vertragen, ohne, dass regelmäßige oder schwerwiegende Komplikationen auftraten.

4.2 Einfluss der VR-Interventionen auf das Wohlbefinden im Kontext der Studienlage

Neben den Daten zum Teilnahmeverhalten und der Sicherheit zeigt die Studie, dass die VR-Interventionen bei den untersuchten Probanden zu einer Verbesserung des Wohlbefindens

beitragen können. Dabei gaben die Probanden eine Zunahme von Ruhe, Zufriedenheit, Inspiration und Entspannung sowie Abnahme von Sorge, Langeweile und Anspannung an. Zudem waren die Atem- und Herzfrequenz nach den VR-Interventionen geringer als davor. Gegenüber den Musikinterventionen wurden nach den VR-Interventionen geringere Werte bei Langeweile und tendenziell größere Abnahmen der Vitalparameter festgestellt. Es zeigte sich kein Einfluss der Interventionen auf die mittels EORTC QLQ-C30 und SF2 erhobene Lebensqualität.

Diese Ergebnisse sind konsistent mit Studien bei hospitalisierten Patienten mit und ohne onkologische Grunderkrankung, bei denen mittels VR-Interventionen positive Emotionen gesteigert, negative Emotionen reduziert, Entspannung erhöht und dadurch das Wohlbefinden verbessert werden konnten (111, 145, 153). Diese Arbeit erweitert die Studienlage, indem erstmals VR-Interventionen während des perioperativen stationären Aufenthalts bei KRK durchgeführt wurden.

Es ist bekannt, dass Emotionen, Stress und Entspannung mit physiologischen Veränderungen einhergehen können, weshalb periinterventionell Vitalparameter bestimmt wurden (164, 165). Dabei zeigten sich in der VR-Gruppe kleine, jedoch statistisch signifikante Rückgänge der Herz- und der Atemfrequenz, welche auch bereits in anderen Studien beim Einsatz von VR zur Entspannung bei gesunden Probanden nachgewiesen wurden (101, 166). Auch wenn die in dieser Arbeit dargestellten Rückgänge von Herz- (-1,3 Schläge pro Minute) und Atemfrequenz (-0,7 Atemzüge pro Minute) relativ gering waren, stützen diese objektiven Parameter den Eindruck der Probanden nach der Intervention mehr Entspannung und Ruhe empfunden zu haben.

Trotz der regelmäßigen Verbesserungen des Wohlbefindens unmittelbar nach den VR-Anwendungen, zeigte sich kein Einfluss der Interventionen auf die mittels EORTC QLQ-C30 und SF-2 erhobene Lebensqualität. Hierfür sind mehrere Ursachen denkbar. Zum einen unterschieden sich die Zeitpunkte der Datenerhebung. So wurde das Wohlbefinden, gemäß Skala von eins bis zehn, unmittelbar vor und nach den Interventionen bestimmt. Im Gegensatz dazu wurde beim EORTC QLQ-C30 und SF-2 die Lebensqualität der gesamten vorangegangenen Woche abgefragt, was eine Retrospektion über einen vergleichsweise langen Zeitraum erforderte (42, 167, 168). Durch die erforderliche Retrospektion, kann es zu einer systematischen Datenverzerrung kommen, sogenannter Recall Bias, indem verschiedene

Faktoren, wie beispielsweise die Stimmung zum Zeitpunkt der Datenerhebung, einen überproportionalen Einfluss auf die Beantwortung der Fragen haben (167, 168). Des Weiteren waren der periinterventionell angewendete Fragebogen und der wöchentlich erhobene EORTC QLQ-C30 und SF-2 unterschiedlich. In Zusammenschau ist es damit durchaus möglich, dass die Unterschiede in der Wahrnehmung der wöchentlich erhobenen Lebensqualität und des periinterventionell gemessenen Wohlbefindens methodisch bedingt sind.

Zum anderen ist es denkbar, dass die Wirkung der VR-Interventionen zu kurz anhielt, um in diesem Studiendesign bei geringer Stichprobengröße einen Effekt auf die wöchentlich erhobene Lebensqualität zu messen. So zeigte sich, dass die Höhe des Wohlbefindens zwischen den Interventionen überwiegend abnahm, wobei der zeitliche Verlauf der Abnahme beziehungsweise die Wirkdauer der VR-Interventionen nicht erfasst wurde. Es wird davon ausgegangen, dass die Wirkdauer der VR-Intervention maßgeblich durch das Design der VU beeinflusst wird (100). So wird angenommen, dass eine VU, welche von unangenehmen Erfahrungen ablenkt, eine lediglich vorübergehende Entspannung auslöst, welche vornehmlich auf den Zeitraum der VR-Intervention beschränkt ist (100). Dahingegen können VU, welche Bewältigungsmechanismen vermitteln, durch Anwendung des Erlernten in der Realität über die eigentliche Intervention fortwirken (100).

Die in dieser Studie angewendete VU ging durch Ablenkung vom klinischen Alltag und zusätzlich verhaltenstherapeutischen Techniken auf beide Ansätze ein. So war die Zunahme des periinterventionellen Wohlbefindens am ehesten Ausdruck der ablenkenden und entspannenden Wirkung, welche sich aufgrund der kurzen Wirkdauer nicht auf die mittels EORTC QLQ-C30 und SF2 erhobene Lebensqualität auswirkte. Die dahingegen potentiell für einen längeren Zeitraum anhaltenden Bewältigungsmechanismen konnten allerdings möglicherweise nicht ausreichend vermittelt werden, um sich auf die mittels EORTC QLQ-C30 und SF2 erhobene Lebensqualität auswirken zu können. Vor dem Hintergrund, dass Bewältigungsstrategien häufig über einen längeren Zeitraum wiederholt werden sollten, um sie effektiv anzuwenden, sind Interventionsprogramme, welche beispielsweise Entspannungsverfahren vermitteln, auf mehrere Wochen bis Monate ausgelegt (155, 169). Im Vergleich dazu war die Anwendung von VR während des stationären Aufenthalts kürzer (Krankenhausaufenthaltsdauer in der VR-Gruppe: Mdn = 8,5 Tage). So ist es denkbar, dass die Anwendung der VR-Interventionen über einen längeren Zeitraum auch zu einer längeren Wirkung und damit Einfluss auf die wöchentlich erhobene Lebensqualität beigetragen hätte.

4.3 Limitationen der Machbarkeitsstudie

Die diskutierten Ergebnisse beruhen auf einer prospektiven, randomisierten Machbarkeitsstudie mit einer Kontrollgruppe, welche das Standardprozedere erhielt, sowie einer ergänzenden Vergleichsgruppe mit einer alternativen Intervention, um das Risiko für Verzerrungen zu minimieren. Ergänzend wurden, die an der Behandlung der Probanden beteiligten Ärzte verblindet. Die Datenerhebung mittels Fragebögen, wurde durch die Erfassung der Vitalparameter durch objektive Parameter ergänzt. Trotz dieser methodischen Stärken zeigen sich auch Limitationen.

Entsprechend dem Design einer Machbarkeitsstudie war die Anzahl der eingeschlossenen Patienten klein, was mit einem geringeren Ressourcenaufwand einherging (137). So waren die Rekrutierungs- und Interventionszeiträume kürzer und damit verbunden der Personal- und Materialaufwand geringer. Dem stehen Einschränkungen in Bezug auf die möglichen statistischen Methoden und die Repräsentativität der Ergebnisse als Nachteile gegenüber. So war die Probandenanzahl nicht dafür gepowert, um statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Studiengruppen nachzuweisen (170). Dadurch ist die Reproduzierbarkeit der Daten sowie die Wahrscheinlichkeit wahre Effekte darzustellen geringer und die Verzerrung der Ergebnisse durch Ausreißer größer (171, 172). Dementsprechend wurden zwar die verwendeten statistischen Methoden angepasst, indem beispielsweise der Median als Lagemaß oder nicht-parametrische Testverfahren angewendet wurden. Dennoch sind insbesondere die Daten zur Effektivität der Interventionen mit Vorsicht zu interpretieren und stellen lediglich Anknüpfungspunkt für eine definitive randomisiert kontrollierte Studie dar (170).

Des Weiteren konnten die Probanden, aufgrund der Unterschiede der Interventionen, nicht verblindet werden. Es ist bekannt, dass eine fehlende Verblindung zu systematischen Verzerrungen der Ergebnisse führen kann (173). Bei fehlender Verblindung der Patienten werden insbesondere Effekte überschätzt, welche auf Daten von Patientenberichten beruhen, wie zum Beispiel das erhobene periinterventionelle Wohlbefinden (173). Deshalb wurden neben den Fragebögen auch objektivierbare Daten, wie die Vitalparameter erfasst, welche durchaus mit den Antworten der Probanden vereinbar waren. Dennoch sind die mittels Fragebogen erhobenen Daten in Zusammenschau mit der fehlenden Verblindung zu interpretieren.

Eine weitere Limitation dieser Arbeit ist durch die Begrenzung auf Probanden bis zu einem maximalen Alter von 75 Jahren bedingt. Da das mediane Alter bei Patienten mit Erstdiagnose eines KRK in Deutschland bei 71 Jahren (Männer) bis 75 Jahren (Frauen) liegt, wurde ein relevanter Anteil der Patienten in dieser Studie nicht erfasst. Dadurch sind die dargestellten Ergebnisse nur eingeschränkt generalisierbar. So ist es beispielsweise denkbar, dass ein höheres Alter mit einer geringeren Teilnahmehäufigkeit an VR-Interventionen einhergeht. Allerdings konnte bereits die Machbarkeit von VR-Interventionen bei Probanden mit einem Alter von über 90 Jahren gezeigt werden (174). Zudem unterschied sich in dieser Studie das Alter der Patienten, welche die Studienteilnahme ablehnten, im Vergleich zum Alter der Teilnehmer nicht signifikant. In Zusammenschau mit den nur geringen unerwünschten Nebenwirkungen bis zum Alter von 75 Jahren, scheint in zukünftigen Forschungsvorhaben eine Erweiterung oder Aufhebung der oberen Altersgrenze gut vertretbar.

Ein weiterer Aspekt sind die in der Kontrollgruppe nicht erhobenen Daten zum Wohlbefinden und den Vitalparametern, welche in der VR- und Musikgruppe periinterventionell erhoben wurden. Obwohl in der Kontrollgruppe keine Intervention erfolgte, wäre die Erfassung dieser Parameter, wie in den anderen Studiengruppen möglich gewesen. Zwar ist am ehesten davon auszugehen, dass sich das Befinden und die Vitalparameter während des Interventionszeitraums ohne Durchführung einer Intervention überwiegend stabil gezeigt hätten. Dennoch wäre durch eine zusätzliche Erfassung dieser Parameter eine weitere statistische Analyse möglicher Unterschiede der Kontrollgruppe gegenüber der VR- und Musikgruppe möglich gewesen. Demgegenüber war diese Studie als Machbarkeitsstudie konzipiert und daher die Daten zur Effektivität der VR-Interventionen sekundär.

Ebenso wie die nicht erhobenen Daten in der Kontrollgruppe wurden die genauen Gründe für die Ablehnung der Durchführung der Interventionen nicht erfasst. Allerdings ist es denkbar, dass die Ablehnungen zur Teilnahme an den Interventionen nicht zufällig bedingt waren, wodurch systematische Verzerrungen der Daten denkbar sind (175). So wurden möglicherweise Daten von Probanden überproportional erfasst, welche beispielsweise zum Interventionszeitpunkt in einem besseren Allgemeinzustand waren oder die Intervention als wirksam wahrnahmen, wodurch der Nutzen der VR-Anwendungen tendenziell überschätzt wurde. Um eine dadurch bedingte Verzerrung der Ergebnisse zu reduzieren, wurde für die Auswertung der Daten jeder Proband gleich gewichtet, das heißt unabhängig von der Anzahl der tatsächlich durchgeführten Interventionen in die statistische Analyse mit einbezogen.

Zusammenfassend sind die dargestellten Limitationen vor allem durch das Design der Machbarkeitsstudie bedingt. Die weiteren Limitationen, aufgrund nicht erfasster Daten, sind zum einen wichtig für die Interpretation der Daten in Bezug auf die Effektivität der Interventionen, zum anderen Anknüpfungspunkt für weitere Forschungsprojekte.

4.4 Schlussfolgerung und Ausblick

Auf Grundlage der diskutierten Ergebnisse, der Einordnung in den aktuellen Forschungsstand und den dargestellten Limitationen, zeigt diese Studie die Machbarkeit von Anwendungen in der VR zur Verbesserung des Wohlbefindens während des perioperativen stationären Aufenthalts bei Probanden mit KRK. Im Einzelnen zeigen die Erkenntnisse zur Rekrutierung und Implementierbarkeit in die Krankenhausabläufe sowie die Teilnahme an den Interventionen, dass in dieser Studienpopulation Studien zur Anwendung von VR umsetzbar sind. Zudem sind die VR-Interventionen bei geringen Nebenwirkungen und zuverlässiger technischer Umsetzung für die Patienten sicher. Darüber hinaus gibt es Hinweise für einen Nutzen der VR-Interventionen zur Verbesserung des Wohlbefindens.

Damit legt diese Machbarkeitsstudie die Grundlage für eine definitive randomisiert kontrollierte Studie zum Nachweis der Effektivität der Anwendungen in der VR während des perioperativen stationären Aufenthalts von Patienten mit KRK. Zudem bietet die Studie Ausgangspunkt für weitere Forschungsprojekte.

Mit Hilfe der Machbarkeitsstudie ist es nun möglich, eine Fallzahlberechnung für eine definitive randomisierte kontrollierte Studie durchzuführen, welche für den Nutznachweis der VR-Interventionen eine ausreichende Power besitzt (176). Hierbei können bei größeren Stichproben Subgruppenanalysen ermöglicht werden, um Einflussfaktoren auf Teilnahmeverhalten, Effektivität und Nebenwirkungen identifizieren zu können (170). Der mit einer größeren Stichprobe potentiell einhergehende längere Rekrutierungszeitraum könnte durch eine An- oder Aufhebung der Altersgrenze reduziert werden, was zu einer höheren Generalisierbarkeit der Ergebnisse führen würde. Stattdessen könnten Patienteneigenschaften, welche die VR-Anwendung erschweren können, wie eine deutliche Verminderung von Seh- und Hörvermögen, als Ausschlusskriterien definiert werden, wobei hierfür zunächst geeignete Grenzen identifiziert werden müssten.

Des Weiteren sollten weitere Studien die Ursachen für eine Ablehnung zur Durchführung der Intervention differenziert dokumentieren. Bei überwiegender Annahme des Angebots zur Durchführung wurden 18,4 % der VR-Interventionen abgelehnt. Hierfür sind einige Gründe denkbar, wie beispielsweise der Allgemeinzustand oder die Wahrnehmung der Effektivität der Interventionen. Ebenso ist eine Ablehnung der VR-Intervention aufgrund der häufig postoperativ vorkommenden Übelkeit möglich. Eine systematische Erfassung dieser Symptome, beispielsweise auch mit ergänzendem Fragebogen zur CS, könnte eine Abgrenzung von CS zur nicht VR-bedingten Übelkeit erleichtern. Zudem könnten für CS susceptible Patienten identifiziert werden, zugunsten zunehmend höherer Sicherheit für die Patienten.

Zur besseren Abgrenzbarkeit der Effektivität der Interventionen gegenüber dem klinischen Standardprozedere sollten auch in der Kontrollgruppe analog zur VR- und Musikgruppe die Vitalparameter, Wohlbefinden und Emotionen erfasst werden. Ebenso ist davon auszugehen, dass durch eine Umstellung der dichotomen Skalen auf beispielsweise fünfstufige Skalen bei den periinterventionell erhobenen Daten, wie zu Emotionen oder Entspannung, differenziertere Ergebnisse erreicht werden können.

Über das in dieser Studie gewählte Studiendesign hinaus bestehen zahlreiche weitere offene Fragen zur Anwendung von VR bei Patienten mit KRK. In Bezug auf das Protokoll der VR-Interventionen sollten weitere Studien den optimalen Beginn in Relation zum Operationstag evaluieren. So ist es denkbar, dass durch eine mehrwöchige Anwendung der VR-interventionen vor dem Operationstag die Bewältigungsmechanismen derart vermittelt werden, dass diese spätestens während des stationären Aufenthalts von den Patienten selbstständig und effektiv angewendet werden können (177). Zudem könnten dadurch die bereits präoperativ auftretenden Einschränkungen der emotionalen Funktion früher adressiert werden. So wurde die Vermittlung von Bewältigungsstrategien bereits in Prähabilitationsprogramme integriert, welche circa vier Wochen vor der Operation starteten (177). Obwohl diesbezüglich bisher keine Daten bekannt sind, scheint eine Integration von VR in Prähabilitationsprogramme möglich, sofern eine ausreichende Anzahl an VR-Headsets sowie eine zeitnahe Hilfestellung bei Anwendungsfragen gewährleistet werden können.

Neben dem frühzeitigen Beginn der Interventionen können weitere Studien die Anwendungshäufigkeit und den Anwendungszeitpunkt von VR optimieren. So ist es denkbar, dass Probanden von durch VR vermittelter Entspannung und Ruhe besonders profitieren, wenn

sie bei sich selbst Unruhe und Anspannung wahrnehmen (178). Hierfür wäre es vorteilhaft, wenn jeder Patient im Rahmen der Studie ein eigenes VR-Headset zur Verfügung gestellt bekommen und die Intervention komplett selbstständig durchführen würde (178). Dadurch könnte zudem evaluiert werden, ob Probanden außerhalb der in dieser Studie vorgegebenen Frequenz VR regelmäßig anwenden.

Neben dem Zeitpunkt und der Häufigkeit der VR-Interventionen ist die Auswahl der geeigneten Inhalte beziehungsweise das Design der VU ein weiterer großer Bereich mit Forschungsbedarf. Die in dieser Arbeit verwendete Software nutzte verschiedene ablenkende und verhaltenstherapeutische Techniken, ohne jedoch auf die spezielle Situation der Studienpopulation einzugehen. So ist denkbar, dass eine spezifischere Vor- und Nachbereitung des perioperativen Zeitraumes, die Anwendungen in der VR weiter nützlich machen können, wie beispielsweise eine präoperative VR-basierte Erläuterung des Operationsablaufs (31, 108).

Zudem ist, analog zu bekannten Musikpräferenzen, von interindividuellen Präferenzen in Bezug auf virtuelle Inhalte auszugehen (100, 179). Ebenso gehen Patienten mit Belastungen unterschiedlich um, indem verschiedene Bewältigungsstrategien angewendet werden (180). Daher könnte die Effektivität von VR-Interventionen durch einen individuell angepasste VU erhöht werden (100). Dieser Ansatz stellt eine besondere Herausforderung an die Soft- und Hardware dar, da hierfür zahlreiche Sensoren sowie große Datenmengen und damit Rechenleistung erforderlich sind. Allerdings sind im Zuge der rasanten Entwicklungen im Bereich des maschinellen Lernens auch große Fortschritte im Bereich der emotionalen künstlichen Intelligenz abzusehen und teils bereits kommerziell erhältlich (181). So scheint es absehbar, dass durch VR-Headsets die Stimmung und die Emotionen des Anwenders erfasst und daran die virtuellen Inhalte angepasst werden können (100). Vor diesem Hintergrund ist davon auszugehen, dass anknüpfend an diese Arbeit zahlreiche Forschungsprojekte folgen werden, um der Frage weiter nachzugehen, wie Anwendungen in der VR das Wohlbefinden von Patienten verbessern können.

5 Zusammenfassung

Patienten mit KRK, die eine onkologische Resektion erhalten, sind während des stationären Aufenthalts Herausforderungen ausgesetzt, welche die Lebensqualität und das emotionale Wohlbefinden vermindern. Grundlegend für einen adäquaten Umgang mit Herausforderungen sind Bewältigungsstrategien. Eine neue Methode, Bewältigungsstrategien zu erlernen und auszuführen, ist die Anwendung von VR mittels VR-Headsets. So ist denkbar, dass Patienten mit KRK während des stationären Aufenthalts von Anwendungen in der VR profitieren können.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie erhielten Patienten mit KRK, welche aufgrund der onkologischen Resektion stationär aufgenommen wurden, nach Randomisierung in eine der drei Studiengruppen tägliche Interventionen in der VR (VR-Gruppe), Interventionen mit Hören von klassischer Musik (Musikgruppe) oder das klinische Standardprozedere (Kontrollgruppe). In der VR-Gruppe wurden die Probanden mittels VR-Headset zu Atem- und Entspannungsübungen sowie kognitiven Techniken angeleitet. Vor und nach den Interventionen wurden Vitalparameter und das Wohlbefinden bestimmt. Bei Aufnahme und Entlassung wurden Lebensqualitätsfragebögen erhoben.

Es wurden 64,3 % (54 von 84) der möglichen Patienten rekrutiert. Die Probanden der VR-Gruppe nahmen im Vergleich mit der Musikgruppe häufiger an den Interventionen teil ($p < 0,001$). In der VR-Gruppe wurden 97,6 % (204 von 209) der begonnenen Interventionen komplett ausgeführt. Eine VR-Intervention (0,48 %) wurde medizinisch bedingt, aufgrund von Übelkeit, vorzeitig beendet. Nach den VR-Interventionen waren die Mittelwerte in den Kategorien Wohlbefinden ($p = 0,001$), entspannt ($p = 0,003$) und zufrieden ($p = 0,01$) höher, die Mittelwerte bei der Atem- und Herzfrequenz (je $p = 0,012$) sowie in den Kategorien angespannt ($p = 0,001$) und besorgt ($p = 0,002$) geringer als vor den Interventionen. Die Abnahme in der Kategorie gelangweilt war in der VR-Gruppe höher als in der Musikgruppe ($p = 0,037$). Bei den Fragebögen zur Lebensqualität und der Patientenzufriedenheit zeigten sich keine Gruppenunterschiede.

Die Teilnahmerate, der hohe Anteil an komplettierten VR-Interventionen und die geringe Rate an medizinisch bedingten Abbrüchen zeigt die Machbarkeit von VR bei den untersuchten Patienten. Zudem geben die Daten zum Einfluss von VR auf das Wohlbefinden und die Vitalparameter Hinweise auf einen möglichen Nutzen von VR für die Patienten in Bezug auf die Lebensqualität. Damit legt diese Studie die Grundlage für weiterführende Forschungsprojekte.

6 Summary

Patients with CRC who undergo oncological resection are exposed to challenges during their hospital stay that reduce their quality of life and emotional well-being. Coping strategies are a fundamental part of dealing adequately with challenges. A new method of learning and implementing coping strategies is the use of VR by means of VR-headsets. It is therefore conceivable that patients with CRC could benefit from VR applications during their inpatient stay.

As part of a feasibility trial, patients with CRC who were admitted as inpatients for oncological resection were randomized to one of three study groups: daily interventions in VR (VR group), interventions involving listening to classical music (music group) or the standard clinical procedure (control group). In the VR group, the participants were instructed in breathing and relaxation exercises and cognitive techniques using a VR headset. Vital signs and well-being were measured before and after the interventions. Quality of life questionnaires were collected on admission and discharge.

64.3 % (54 of 84) of the potential patients were recruited. The participants in the VR group took part in the interventions more frequently compared to the music group ($p < 0.001$). In the VR group, 97.6 % (204 of 209) of the interventions started were completed. One VR intervention (0.48 %) was terminated before its completion for medical reasons, due to nausea. After the VR interventions, the mean values in the categories well-being ($p = 0.001$), relaxed ($p = 0.003$) and content ($p = 0.01$) were higher, while the mean values for breathing and heart rate (each $p = 0.012$) and in the categories tense ($p = 0.001$) and worried ($p = 0.002$) were lower than before the interventions. The decrease in the category bored was higher in the VR group than in the music group ($p = 0.037$). There were no group differences in the questionnaires on quality of life and patient satisfaction.

The participation rate, the high proportion of completed VR interventions and the low rate of medically induced discontinuations show the feasibility of VR in the patients studied. Furthermore, the data on the influence of VR on well-being and vital parameters indicate a possible value of VR for patients in terms of quality of life. This study therefore lays the foundation for further research projects.

7 Literaturverzeichnis

1. Morgan E, Arnold M, Gini A, Lorenzoni V, Cabasag CJ, Laversanne M, et al. Global burden of colorectal cancer in 2020 and 2040: incidence and mortality estimates from GLOBOCAN. *Gut*. 2022;gutjnl-2022-327736.
2. Cancer in Germany 2019/2020. Robert Koch Institute and the Association of Population-based Cancer Registries in Germany (Hg.). 14. Auflage. Berlin. 2024.
3. Cardoso R, Zhu A, Guo F, Heisser T, Hoffmeister M, Brenner H. Incidence and Mortality of Proximal and Distal Colorectal Cancer in Germany—Trends in the Era of Screening Colonoscopy. *Dtsch Arztebl Int*. 2021;118(16):281-7.
4. Cardoso R, Guo F, Heisser T, Hackl M, Ihle P, De Schutter H, et al. Colorectal cancer incidence, mortality, and stage distribution in European countries in the colorectal cancer screening era: an international population-based study. *The Lancet Oncology*. 2021;22(7):1002-13.
5. Giovannucci E, Ascherio A, Rimm EB, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC. Physical activity, obesity, and risk for colon cancer and adenoma in men. *Ann Intern Med*. 1995;122(5):327-34.
6. Botteri E, Borroni E, Sloan EK, Bagnardi V, Bosetti C, Peveri G, et al. Smoking and Colorectal Cancer Risk, Overall and by Molecular Subtypes: A Meta-Analysis. *Am J Gastroenterol*. 2020;115(12):1940-9.
7. Brenner H, Bouvier AM, Foschi R, Hackl M, Larsen IK, Lemmens V, et al. Progress in colorectal cancer survival in Europe from the late 1980s to the early 21st century: the EURO-CARE study. *Int J Cancer*. 2012;131(7):1649-58.
8. Richtlinie des Gemeinsamen Bundesausschusses für organisierte Krebsfrüherkennungsprogramme. Gemeinsamer Bundesausschuss (Hg.). BAnz AT. 2018.
9. Winawer SJ, Zauber AG, Ho MN, O'Brien MJ, Gottlieb LS, Sternberg SS, et al. Prevention of colorectal cancer by colonoscopic polypectomy. The National Polyp Study Workgroup. *N Engl J Med*. 1993;329(27):1977-81.
10. Leitlinienprogramm Onkologie (Deutsche Krebsgesellschaft, Deutsche Krebshilfe, AWMF): S3-Leitlinie Kolorektales Karzinom. Langversion 2.1. 2019. https://register.awmf.org/assets/guidelines/021-007OLI_S3_Kolorektales-Karzinom-KRK_2019-01.pdf [Zugriff am 01.09.2023].

11. Mella J, Biffin A, Radcliffe AG, Stamataki JD, Steele RJC. Population-based audit of colorectal cancer management in two UK health regions. *Br J Surg.* 1997;84(12):1731-6.
12. van der Geest LGM, Lam-Boer Jt, Koopman M, Verhoef C, Elferink MAG, de Wilt JHW. Nationwide trends in incidence, treatment and survival of colorectal cancer patients with synchronous metastases. *Clin Exp Metastasis.* 2015;32(5):457-65.
13. Reboux N, Jooste V, Goungounga J, Robaszekiewicz M, Nousbaum JB, Bouvier AM. Incidence and Survival in Synchronous and Metachronous Liver Metastases From Colorectal Cancer. *JAMA Netw Open.* 2022;5(10):e2236666.
14. Manfredi S, Lepage C, Hatem C, Coatmeur O, Faivre J, Bouvier AM. Epidemiology and management of liver metastases from colorectal cancer. *Ann Surg.* 2006;244(2):254-9.
15. van der Pool AE, Damhuis RA, Ijzermans JN, de Wilt JH, Eggermont AM, Kranse R, et al. Trends in incidence, treatment and survival of patients with stage IV colorectal cancer: a population-based series. *Colorectal Dis.* 2012;14(1):56-61.
16. Ghadimi M, Rödel C, Hofheinz R, Flebbe H, Grade M. Multimodale Therapie des Rektumkarzinoms. *Dtsch Arztebl International.* 2022;119(33-34):570-80.
17. Scheele J, Stang R, Altendorf-Hofmann A, Paul M. Resection of colorectal liver metastases. *World J Surg.* 1995;19(1):59-71.
18. Kanas GP, Taylor A, Primrose JN, Langeberg WJ, Kelsh MA, Mowat FS, et al. Survival after liver resection in metastatic colorectal cancer: review and meta-analysis of prognostic factors. *Clin Epidemiol.* 2012;4:283-301.
19. Steele JC. Colorectal Cancer. In: Clark S (Hg.). *Colorectal Surgery.* 6. Auflage. Oxford: Elsevier; 2019. S. 26-36.
20. Bunni J, Moran BJ. Surgery for rectal cancer. In: Clark S (Hg.). *Colorectal Surgery.* 6. Auflage. Oxford: Elsevier; 2019. S. 61-74.
21. Montedori A, Cirocchi R, Farinella E, Sciannoneo F, Abraha I. Covering ileo- or colostomy in anterior resection for rectal carcinoma. *Cochrane Database Syst Rev.* 2010(5):Cd006878.
22. Bilimoria KY, Cohen ME, Ingraham AM, Bentrem DJ, Richards K, Hall BL, et al. Effect of postdischarge morbidity and mortality on comparisons of hospital surgical quality. *Ann Surg.* 2010;252(1):183-90.
23. van den Bosch T, Warps AK, de Nerée Tot Babberich MPM, Stamm C, Geerts BF, Vermeulen L, et al. Predictors of 30-Day Mortality Among Dutch Patients Undergoing Colorectal Cancer Surgery, 2011-2016. *JAMA Netw Open.* 2021;4(4):e217737.

24. Panis Y, Maggiori L, Caranhac G, Bretagnol F, Vicaut E. Mortality after colorectal cancer surgery: a French survey of more than 84,000 patients. *Ann Surg*. 2011;254(5):738-43; discussion 43-4.
25. Morris EJA, Taylor EF, Thomas JD, Quirke P, Finan PJ, Coleman MP, et al. Thirty-day postoperative mortality after colorectal cancer surgery in England. *Gut*. 2011;60(6):806.
26. Baum P, Diers J, Lichthardt S, Kastner C, Schlegel N, Germer CT, et al. Mortality and Complications Following Visceral Surgery: A Nationwide Analysis Based on the Diagnostic Categories Used in German Hospital Invoicing Data. *Dtsch Arztebl Int*. 2019;116(44):739-46.
27. Hanna DN, Hawkins AT. Colorectal: Management of Postoperative Complications in Colorectal Surgery. *Surg Clin North Am*. 2021;101(5):717-29.
28. Kehlet H. Multimodal approach to control postoperative pathophysiology and rehabilitation. *Br J Anaesth*. 1997;78(5):606-17.
29. Aravani A, Samy EF, Thomas JD, Quirke P, Morris EJA, Finan PJ. A retrospective observational study of length of stay in hospital after colorectal cancer surgery in England (1998-2010). *Medicine (Baltimore)*. 2016;95(47):e5064.
30. Kehlet H, Wilmore DW. Multimodal strategies to improve surgical outcome. *The American Journal of Surgery*. 2002;183(6):630-41.
31. Gustafsson UO, Scott MJ, Hubner M, Nygren J, Demartines N, Francis N, et al. Guidelines for Perioperative Care in Elective Colorectal Surgery: Enhanced Recovery After Surgery (ERAS[®]) Society Recommendations: 2018. *World J Surg*. 2019;43(3):659-95.
32. Ni X, Jia D, Chen Y, Wang L, Suo J. Is the Enhanced Recovery After Surgery (ERAS) Program Effective and Safe in Laparoscopic Colorectal Cancer Surgery? A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *J Gastrointest Surg*. 2019;23(7):1502-12.
33. Zhuang CL, Ye XZ, Zhang XD, Chen BC, Yu Z. Enhanced recovery after surgery programs versus traditional care for colorectal surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Dis Colon Rectum*. 2013;56(5):667-78.
34. Varadhan KK, Neal KR, Dejong CH, Fearon KC, Ljungqvist O, Lobo DN. The enhanced recovery after surgery (ERAS) pathway for patients undergoing major elective open colorectal surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *Clin Nutr*. 2010;29(4):434-40.
35. Greco M, Capretti G, Beretta L, Gemma M, Pecorelli N, Braga M. Enhanced recovery program in colorectal surgery: a meta-analysis of randomized controlled trials. *World J Surg*. 2014;38(6):1531-41.

36. Lemanu DP, Singh PP, Stowers MD, Hill AG. A systematic review to assess cost effectiveness of enhanced recovery after surgery programmes in colorectal surgery. *Colorectal Dis.* 2014;16(5):338-46.
37. Abelson JS, Chait A, Shen MJ, Charlson M, Dickerman A, Yeo HL. Sources of distress among patients undergoing surgery for colorectal cancer: a qualitative study. *J Surg Res.* 2018;226:140-9.
38. World Health Organization. Basic documents (49th edition). Geneva: World Health Organization; 2020.
https://apps.who.int/gb/bd/pdf_files/BD_49th-en.pdf [Zugriff am 01.09.2023].
39. Cooke PJ, Melchert TP, Connor K. Measuring Well-Being: A Review of Instruments. *The Counseling Psychologist.* 2016;44(5):730-57.
40. Cella D, Stone AA. Health-related quality of life measurement in oncology: advances and opportunities. *Am Psychol.* 2015;70(2):175-85.
41. Zheng S, He A, Yu Y, Jiang L, Liang J, Wang P. Research trends and hotspots of health-related quality of life: a bibliometric analysis from 2000 to 2019. *Health Qual Life Outcomes.* 2021;19(1):130.
42. Aaronson NK, Ahmedzai S, Bergman B, Bullinger M, Cull A, Duez NJ, et al. The European Organization for Research and Treatment of Cancer QLQ-C30: a quality-of-life instrument for use in international clinical trials in oncology. *J Natl Cancer Inst.* 1993;85(5):365-76.
43. Fayers PM, Aaronson NK, Bjordal K, Greonvold M, Curran D, Bottomley A, et al. The EORTC-QLQ-C30 Scoring Manual. 3rd edition. Brussels: EORTC. 2001.
<https://www.eortc.org/app/uploads/sites/2/2018/02/SCmanual.pdf>
[Zugriff am 01.09.2023].
44. Scott NW, Fayers PM, Aaronson NK, Bottomley A, Graeff AD, Groenvold M, et al. EORTC QLQ-C30 Reference Values. Brussels: EORTC. 2008.
https://www.eortc.org/app/uploads/sites/2/2018/02/reference_values_manual2008.pdf
[Zugriff am 01.09.2023].
45. Giesinger JM, Kuijpers W, Young T, Tomaszewski KA, Friend E, Zabernigg A, et al. Thresholds for clinical importance for four key domains of the EORTC QLQ-C30: physical functioning, emotional functioning, fatigue and pain. *Health Qual Life Outcomes.* 2016;14:87.
46. Domati F, Rossi G, Benatti P, Roncucci L, Cirilli C, Ponz de Leon M. Long-term survey of patients with curable colorectal cancer with specific reference to the quality of life. *Intern Emerg Med.* 2011;6(6):529-35.

47. Schmidt CE, Bestmann B, K uchler T, Longo WE, Rohde V, Kremer B. Gender differences in quality of life of patients with rectal cancer. A five-year prospective study. *World J Surg.* 2005;29(12):1630-41.
48. Lizdenis P, Birutis J,  elkien  I, Samalavi cius N, Kuliavas J, Slunskis V, et al. Short-term results of quality of life for curatively treated colorectal cancer patients in Lithuania. *Medicina (Kaunas).* 2015;51(1):32-7.
49. Carlsson E, Berndtsson I, Hall en AM, Lindholm E, Persson E. Concerns and quality of life before surgery and during the recovery period in patients with rectal cancer and an ostomy. *J Wound Ostomy Continence Nurs.* 2010;37(6):654-61.
50. Cabilan CJ, Hines S. The short-term impact of colorectal cancer treatment on physical activity, functional status and quality of life: a systematic review. *JBIC Database System Rev Implement Rep.* 2017;15(2):517-66.
51. Theobald DE. Cancer pain, fatigue, distress, and insomnia in cancer patients. *Clin Cornerstone.* 2004;6 Suppl 1D:S15-21.
52. Riba MB, Donovan KA, Andersen B, Braun I, Breitbart WS, Brewer BW, et al. Distress Management, Version 3.2019, NCCN Clinical Practice Guidelines in Oncology. *J Natl Compr Canc Netw.* 2019;17(10):1229-49.
53. Foster C, Haviland J, Winter J, Grimmett C, Chivers Seymour K, Batehup L, et al. Pre-Surgery Depression and Confidence to Manage Problems Predict Recovery Trajectories of Health and Wellbeing in the First Two Years following Colorectal Cancer: Results from the CREW Cohort Study. *PLoS One.* 2016;11(5):e0155434.
54. Brown LF, Kroenke K, Theobald DE, Wu J, Tu W. The association of depression and anxiety with health-related quality of life in cancer patients with depression and/or pain. *Psychooncology.* 2010;19(7):734-41.
55. McLachlan SA, Devins GM, Goodwin PJ. Factor analysis of the psychosocial items of the EORTC QLQ-C30 in metastatic breast cancer patients participating in a psychosocial intervention study. *Qual Life Res.* 1999;8(4):311-7.
56. Grupe DW, Nitschke JB. Uncertainty and anticipation in anxiety: an integrated neurobiological and psychological perspective. *Nat Rev Neurosci.* 2013;14(7):488-501.
57. Lin C, Clark R, Tu P, Bosworth HB, Zullig LL. Breast cancer oral anti-cancer medication adherence: a systematic review of psychosocial motivators and barriers. *Breast Cancer Res Treat.* 2017;165(2):247-60.

58. Mausbach BT, Schwab RB, Irwin SA. Depression as a predictor of adherence to adjuvant endocrine therapy (AET) in women with breast cancer: a systematic review and meta-analysis. *Breast Cancer Res Treat.* 2015;152(2):239-46.
59. Nipp RD, El-Jawahri A, Moran SM, D'Arpino SM, Johnson PC, Lage DE, et al. The relationship between physical and psychological symptoms and health care utilization in hospitalized patients with advanced cancer. *Cancer.* 2017;123(23):4720-7.
60. Wongkietkachorn A, Wongkietkachorn N, Rhunsiri P. Preoperative Needs-Based Education to Reduce Anxiety, Increase Satisfaction, and Decrease Time Spent in Day Surgery: A Randomized Controlled Trial. *World J Surg.* 2018;42(3):666-74.
61. Ayyadhah Alanazi A. Reducing anxiety in preoperative patients: a systematic review. *Br J Nurs.* 2014;23(7):387-93.
62. Powell R, Scott NW, Manyande A, Bruce J, Vögele C, Byrne-Davis LM, et al. Psychological preparation and postoperative outcomes for adults undergoing surgery under general anaesthesia. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016;2016(5):Cd008646.
63. Institute of Medicine Committee on Psychosocial Services to Cancer Patients/Families in a Community S. *Cancer Care for the Whole Patient: Meeting Psychosocial Health Needs.* Adler NE, Page AEK (Hg.). Washington (DC): National Academies Press; 2008.
64. Heidenreich T, Kröger P, Michalak J. Entspannungsverfahren. In: Jacobi F, Brakemeier EL (Hg.). *Verhaltenstherapie in der Praxis.* Weinheim: Beltz Verlagsgruppe; 2017. S. 365-376.
65. Michie S, Johnston M, Francis J, Hardeman W, Eccles M. From Theory to Intervention: Mapping Theoretically Derived Behavioural Determinants to Behaviour Change Techniques. *Applied Psychology.* 2008;57:660-80.
66. Seals DR, Suwarno NO, Dempsey JA. Influence of lung volume on sympathetic nerve discharge in normal humans. *Circ Res.* 1990;67(1):130-41.
67. Zaccaro A, Piarulli A, Laurino M, Garbella E, Menicucci D, Neri B, et al. How Breath-Control Can Change Your Life: A Systematic Review on Psycho-Physiological Correlates of Slow Breathing. *Front Hum Neurosci.* 2018;12:353.
68. Bradt J, Dileo C, Magill L, Teague A. Music interventions for improving psychological and physical outcomes in cancer patients. *Cochrane Database Syst Rev.* 2016(8):Cd006911.
69. Jassim GA, Whitford DL, Hickey A, Carter B. Psychological interventions for women with non-metastatic breast cancer. *Cochrane Database Syst Rev.* 2015(5):Cd008729.
70. Mosher CE, Winger JG, Given BA, Shahda S, Helft PR. A systematic review of psychosocial interventions for colorectal cancer patients. *Support Care Cancer.* 2017;25(7):2349-62.

71. Son H, Son YJ, Kim H, Lee Y. Effect of psychosocial interventions on the quality of life of patients with colorectal cancer: a systematic review and meta-analysis. *Health Qual Life Outcomes*. 2018;16(1):119.
72. Rodgers M, Asaria M, Walker S, McMillan D, Lucock M, Harden M, et al. The clinical effectiveness and cost-effectiveness of low-intensity psychological interventions for the secondary prevention of relapse after depression: a systematic review. 2012;16:28.
73. McKay FH, Wright A, Shill J, Stephens H, Uccellini M. Using Health and Well-Being Apps for Behavior Change: A Systematic Search and Rating of Apps. *JMIR Mhealth Uhealth*. 2019;7(7):e11926.
74. Machover C. A Brief, Personal History of Computer Graphics. *Computer*. 1978;11:38-45.
75. Stanney KM, Cohn JV. Virtual Environments. In: Jacko JA (Hg.). *Human-Computer Interaction Handbook: Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications*. 3. Auflage. Boca Raton: CRC Press, Inc.; 2012. S. 643-667.
76. Sutherland IE. Sketchpad: A man-machine graphical communication system. In: *AFIPS '63 (Spring): Proceedings of the May 21-23, 1963, spring joint computer conference*. Detroit Michigan: Association for Computing Machinery; 1963. S. 329-346.
77. Sutherland IE. The Ultimate Display. In: *Proceedings of IFIP Congress 65, Organized by the International Federation for Information Processing, New York City, May 24-29, 1965*. New York City: International Federation for Information Processing; 1965. S. 506-508.
78. Sutherland IE. A head-mounted three dimensional display. In: *AFIPS '68 (Fall, part I): Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I*. San Francisco, California: Association for Computing Machinery; 1968. S. 757-764.
79. Lanier J. *Anbruch einer neuen Zeit : Wie Virtual Reality unser Leben und unsere Gesellschaft verändert*. Hamburg: Hoffmann und Campe; 2018.
80. Wilson JR. Effects of participating in virtual environments: A review of current knowledge. *Safety Science*. 1996;23(1):39-51.
81. Manetta C, Blade RA. Glossary of Virtual Reality Terminology. *Int J Virtual Real*. 1995;1:35-9.
82. Slater M. Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *Br J Psychol*. 2018;109(3):431-3.
83. Dörner R, Broll W, Jung B, Grimm P, Göbel M. Einführung in Virtual und Augmented Reality. In: Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (Hg.). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR)*:

Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität. 2. Auflage. Berlin: Springer Vieweg; 2019. S. 1-42.

84. Slater M, Wilbur S. A Framework for Immersive Virtual Environments (FIVE): Speculations on the Role of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*. 1997;6:603-16.

85. Freeman D, Reeve S, Robinson A, Ehlers A, Clark D, Spanlang B, et al. Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders. *Psychol Med*. 2017;47(14):2393-400.

86. Grimm P, Broll W, Herold R, Reiners D, Cruz-Neira C. VR/AR-Ausgabegeräte. In: Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (Hg.). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. 2. Auflage. Berlin: Springer Vieweg; 2019. S.163-218.

87. Grimm P, Broll W, Herold R, Hummel J. VR/AR-Eingabegeräte und Tracking. In: Dörner R, Broll W, Grimm P, Jung B (Hg.). *Virtual und Augmented Reality (VR/AR): Grundlagen und Methoden der Virtuellen und Augmentierten Realität*. 2. Auflage. Berlin: Springer Vieweg; 2019. S. 117-162.

88. Stredney D, Weghorst S. The virtual retinal display: a new technology for virtual reality and augmented vision in medicine. *Medicine Meets Virtual Reality: Art, Science, Technology: Healthcare (R) Evolution*. 1998;50:252.

89. Cummings J, Bailenson J. How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. *Media Psychology*. 2015;19:1-38.

90. Haydan D. Five Years of VR: A look at the greatest moments from Oculus Rift to Quest 2. 2021. <https://www.oculus.com/blog/five-years-of-vr-a-look-at-the-greatest-moments-from-oculus-rift-to-quest-2/> [Zugriff am 01.09.2023].

91. Bergua A. *Das menschliche Auge in Zahlen*. Berlin: Springer-Verlag; 2017.

92. Veron H, Hezel P, Southard D. Head-mounted displays for virtual reality. In: *SPIE's International Symposium on Optical Engineering and Photonics in Aerospace Sensing*. Orlando, Florida: SPIE; 1994. S. 41-50.

93. Angelov V, Petkov E, Shipkovenski G, Kalushkov T. Modern Virtual Reality Headsets. In: *2020 International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*. Ankara: IEEE; 2020. S. 1-5.

94. Gourlay MJ, Held RT. Head-Mounted-Display Tracking for Augmented and Virtual Reality. *Information Display*. 2017;33(1):6-10.

95. Alkatout I, Mechler U, Mettler L, Pape J, Maass N, Biebl M, et al. The Development of Laparoscopy—A Historical Overview. *Frontiers in Surgery*. 2021;8.
96. Satava RM. Virtual reality, telesurgery, and the new world order of medicine. *J Image Guid Surg*. 1995;1(1):12-6.
97. Satava RM. Virtual reality surgical simulator. The first steps. *Surg Endosc*. 1993;7(3):203-5.
98. Hoffman HG, Chambers GT, Meyer WJ, 3rd, Arceneaux LL, Russell WJ, Seibel EJ, et al. Virtual reality as an adjunctive non-pharmacologic analgesic for acute burn pain during medical procedures. *Ann Behav Med*. 2011;41(2):183-91.
99. Ding J, He Y, Chen L, Zhu B, Cai Q, Chen K, et al. Virtual reality distraction decreases pain during daily dressing changes following haemorrhoid surgery. *J Int Med Res*. 2019;47(9):4380-8.
100. Pizzoli SFM, Mazzocco K, Triberti S, Monzani D, Alcañiz Raya ML, Pravettoni G. User-Centered Virtual Reality for Promoting Relaxation: An Innovative Approach. *Front Psychol*. 2019;10:479.
101. Villani D, Riva G. Presence and Relaxation: A Preliminary Controlled Study. *PsychNology Journal*. 2008;6:7-25.
102. Maples-Keller JL, Bunnell BE, Kim SJ, Rothbaum BO. The Use of Virtual Reality Technology in the Treatment of Anxiety and Other Psychiatric Disorders. *Harv Rev Psychiatry*. 2017;25(3):103-13.
103. Beck JG, Palyo SA, Winer EH, Schwagler BE, Ang EJ. Virtual Reality Exposure Therapy for PTSD symptoms after a road accident: an uncontrolled case series. *Behav Ther*. 2007;38(1):39-48.
104. Garcia-Palacios A, Botella C, Hoffman H, Fabregat S. Comparing acceptance and refusal rates of virtual reality exposure vs. in vivo exposure by patients with specific phobias. *Cyberpsychol Behav*. 2007;10(5):722-4.
105. Wiederhold BK, Wiederhold MD. Three-year follow-up for virtual reality exposure for fear of flying. *Cyberpsychol Behav*. 2003;6(4):441-5.
106. Glennon C, McElroy SF, Connelly LM, Mische Lawson L, Bretches AM, Gard AR, et al. Use of Virtual Reality to Distract From Pain and Anxiety. *Oncol Nurs Forum*. 2018;45(4):545-52.
107. Gershon J, Zimand E, Pickering M, Rothbaum BO, Hodges L. A pilot and feasibility study of virtual reality as a distraction for children with cancer. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry*. 2004;43(10):1243-9.

108. Turrado V, Guzmán Y, Jiménez-Lillo J, Villegas E, de Lacy FB, Blanch J, et al. Exposure to virtual reality as a tool to reduce peri-operative anxiety in patients undergoing colorectal cancer surgery: a single-center prospective randomized clinical trial. *Surg Endosc.* 2021;35(7):4042-7.
109. Schneider SM, Hood LE. Virtual reality: a distraction intervention for chemotherapy. *Oncol Nurs Forum.* 2007;34(1):39-46.
110. Schneider SM, Ellis M, Coombs WT, Shonkwiler EL, Folsom LC. Virtual reality intervention for older women with breast cancer. *Cyberpsychol Behav.* 2003;6(3):301-7.
111. Baños RM, Espinoza M, García-Palacios A, Cervera JM, Esquerdo G, Barrajon E, et al. A positive psychological intervention using virtual reality for patients with advanced cancer in a hospital setting: a pilot study to assess feasibility. *Support Care Cancer.* 2013;21(1):263-70.
112. Espinoza M, Baños RM, García-Palacios A, Cervera JM, Esquerdo G, Barrajon E, et al. Promotion of emotional wellbeing in oncology inpatients using VR. *Stud Health Technol Inform.* 2012;181:53-7.
113. Bekelis K, Calnan D, Simmons N, MacKenzie TA, Kakoulides G. Effect of an Immersive Preoperative Virtual Reality Experience on Patient Reported Outcomes: A Randomized Controlled Trial. *Ann Surg.* 2017;265(6):1068-73.
114. Peng L, Zeng Y, Wu Y, Si H, Shen B. Virtual reality-based rehabilitation in patients following total knee arthroplasty: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Chin Med J (Engl).* 2021;135(2):153-63.
115. LaViola JJ. A discussion of cybersickness in virtual environments. *SIGCHI Bull.* 2000;32(1):47-56.
116. Dizio P, Lackner J. Motion Sickness Side Effects and Aftereffects of Immersive Virtual Environments Created with Helmet-Mounted Visual Displays. 2000:4.
117. Drazich BF, McPherson R, Gorman EF, Chan T, Teleb J, Galik E, et al. In too deep? A systematic literature review of fully-immersive virtual reality and cybersickness among older adults. *J Am Geriatr Soc.* 2023;71(12):3906-15.
118. Saredakis D, Szpak A, Birckhead B, Keage HAD, Rizzo A, Loetscher T. Factors Associated With Virtual Reality Sickness in Head-Mounted Displays: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Hum Neurosci.* 2020;14.
119. Kim YY, Kim HJ, Kim EN, Ko HD, Kim HT. Characteristic changes in the physiological components of cybersickness. *Psychophysiology.* 2005;42(5):616-25.

120. Nalivaiko E, Davis SL, Blackmore KL, Vakulin A, Nesbitt KV. Cybersickness provoked by head-mounted display affects cutaneous vascular tone, heart rate and reaction time. *Physiol Behav.* 2015;151:583-90.
121. Stanney KM, Hale KS, Nahmens I, Kennedy RS. What to expect from immersive virtual environment exposure: influences of gender, body mass index, and past experience. *Hum Factors.* 2003;45(3):504-20.
122. Reason JT. Motion sickness adaptation: a neural mismatch model. *J R Soc Med.* 1978;71(11):819-29.
123. Chang E, Kim HT, Yoo B. Virtual Reality Sickness: A Review of Causes and Measurements. *International Journal of Human-Computer Interaction.* 2020;36(17):1658-82.
124. Caserman P, Garcia-Agundez A, Gámez Zerban A, Göbel S. Cybersickness in current-generation virtual reality head-mounted displays: systematic review and outlook. *Virtual Reality.* 2021;25(4):1153-70.
125. Kennedy RS, Stanney KM. Postural instability induced by virtual reality exposure: Development of a certification protocol. *Int J Hum Comput Interact.* 1996;8(1):25-47.
126. Rolland JP, Biocca F, Barlow ST, Kancharla AR. Quantification of adaptation to virtual-eye location in see-thru head-mounted displays. In: *Proceedings Virtual Reality Annual International Symposium '95.* Research Triangle Park, North Carolina: IEEE; 1995. S. 56-66.
127. Wolf P. Reflex epileptic mechanisms in humans: Lessons about natural ictogenesis. *Epilepsy Behav.* 2017;71(Pt B):118-23.
128. Fisher RS, Acharya JN, Baumer FM, French JA, Parisi P, Solodar JH, et al. Visually sensitive seizures: An updated review by the Epilepsy Foundation. *Epilepsia.* 2022;63(4):739-68.
129. Barger S, Scalea S, Agosta F, Banfi G, Corbetta D, Filippi M, et al. Effectiveness and safety of virtual reality rehabilitation after stroke: an overview of systematic reviews. *EClinicalMedicine.* 2023;64:102220.
130. Felnhofer A, Kothgassner OD, Schmidt M, Heinzle A-K, Beutl L, Hlavacs H, et al. Is virtual reality emotionally arousing? Investigating five emotion inducing virtual park scenarios. *Int J Hum Comput Stud.* 2015;82.
131. Montana JI, Matamala-Gomez M, Maisto M, Mavrodiev PA, Cavalera CM, Diana B, et al. The Benefits of emotion Regulation Interventions in Virtual Reality for the Improvement of Wellbeing in Adults and Older Adults: A Systematic Review. *J Clin Med.* 2020;9(2).
132. Hillmann C. *Unreal for Mobile and Standalone VR: Create Professional VR Apps Without Coding.* Berkeley, CA: Apress; 2019.

133. Petersen MA, Aaronson NK, Arraras JI, Chie WC, Conroy T, Costantini A, et al. The EORTC CAT Core-The computer adaptive version of the EORTC QLQ-C30 questionnaire. *Eur J Cancer*. 2018;100:8-16.
134. Karnofsky DA, Abelmann WH, Craver LF, Burchenal JH. The use of the nitrogen mustards in the palliative treatment of carcinoma. With particular reference to bronchogenic carcinoma. *Cancer*. 1948;1(4):634-56.
135. Oken MM, Creech RH, Tormey DC, Horton J, Davis TE, McFadden ET, et al. Toxicity and response criteria of the Eastern Cooperative Oncology Group. *Am J Clin Oncol*. 1982;5(6):649-56.
136. Doyle DJ, Hendrix JM, Garmon EH. American Society of Anesthesiologists Classification. StatPearls. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023.
137. Whitehead AL, Julious SA, Cooper CL, Campbell MJ. Estimating the sample size for a pilot randomised trial to minimise the overall trial sample size for the external pilot and main trial for a continuous outcome variable. *Stat Methods Med Res*. 2016;25(3):1057-73.
138. Dimick JB, Ryan AM. Methods for evaluating changes in health care policy: the difference-in-differences approach. *JAMA*. 2014;312(22):2401-2.
139. Fritz CO, Morris PE, Richler JJ. Effect size estimates: current use, calculations, and interpretation. *J Exp Psychol Gen*. 2012;141(1):2-18.
140. Cohen J. *Statistical Power Analysis for the Behavioural Sciences*. 2. Auflage. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates; 1988. .
141. Dindo D, Demartines N, Clavien PA. Classification of surgical complications: a new proposal with evaluation in a cohort of 6336 patients and results of a survey. *Ann Surg*. 2004;240(2):205-13.
142. Katayama H, Kurokawa Y, Nakamura K, Ito H, Kanemitsu Y, Masuda N, et al. Extended Clavien-Dindo classification of surgical complications: Japan Clinical Oncology Group postoperative complications criteria. *Surg Today*. 2016;46(6):668-85.
143. Slankamenac K, Graf R, Barkun J, Puhan MA, Clavien PA. The comprehensive complication index: a novel continuous scale to measure surgical morbidity. *Ann Surg*. 2013;258(1):1-7.
144. Ding L, Hua H, Zhu H, Zhu S, Lu J, Zhao K, et al. Effects of virtual reality on relieving postoperative pain in surgical patients: A systematic review and meta-analysis. *Int J Surg*. 2020;82:87-94.

145. Mosadeghi S, Reid MW, Martinez B, Rosen BT, Spiegel BMR. Feasibility of an Immersive Virtual Reality Intervention for Hospitalized Patients: An Observational Cohort Study. *JMIR Ment Health*. 2016;3(2):e28.
146. Haisley KR, Straw OJ, Müller DT, Antiporda MA, Zihni AM, Reavis KM, et al. Feasibility of implementing a virtual reality program as an adjuvant tool for peri-operative pain control; Results of a randomized controlled trial in minimally invasive foregut surgery. *Complement Ther Med*. 2020;49:102356.
147. Dai Z, Xu YC, Niu L. Obesity and colorectal cancer risk: a meta-analysis of cohort studies. *World J Gastroenterol*. 2007;13(31):4199-206.
148. Forsat ND, Palmowski A, Palmowski Y, Boers M, Buttgereit F. Recruitment and Retention of Older People in Clinical Research: A Systematic Literature Review. *J Am Geriatr Soc*. 2020;68(12):2955-63.
149. Unger JM, Cook E, Tai E, Bleyer A. The Role of Clinical Trial Participation in Cancer Research: Barriers, Evidence, and Strategies. *Am Soc Clin Oncol Educ Book*. 2016;35:185-98.
150. Tamini N, Bernasconi D, Ripamonti L, Lo Bianco G, Braga M, Nespoli L. Clinical Validation of the Comprehensive Complication Index in Colon Cancer Surgery. *Cancers (Basel)*. 2021;13(7).
151. Kelly M, Sharp L, Dwane F, Kelleher T, Comber H. Factors predicting hospital length-of-stay and readmission after colorectal resection: a population-based study of elective and emergency admissions. *BMC Health Serv Res*. 2012;12:77.
152. Kirchhoff P, Dincler S, Buchmann P. A multivariate analysis of potential risk factors for intra- and postoperative complications in 1316 elective laparoscopic colorectal procedures. *Ann Surg*. 2008;248(2):259-65.
153. Kelleher SA, Fisher HM, Winger JG, Miller SN, Amaden GH, Somers TJ, et al. Virtual reality for improving pain and pain-related symptoms in patients with advanced stage colorectal cancer: A pilot trial to test feasibility and acceptability. *Palliat Support Care*. 2022;20(4):471-81.
154. Tennant M, Youssef GJ, McGillivray J, Clark TJ, McMillan L, McCarthy MC. Exploring the use of Immersive Virtual Reality to enhance Psychological Well-Being in Pediatric Oncology: A pilot randomized controlled trial. *Eur J Oncol Nurs*. 2020;48:101804.
155. Manzoni GM, Pagnini F, Castelnuovo G, Molinari E. Relaxation training for anxiety: a ten-years systematic review with meta-analysis. *BMC Psychiatry*. 2008;8(1):41.
156. Lin M-F, Hsieh Y-J, Hsu Y-Y, Fetzer S, Hsu M-C. A randomised controlled trial of the effect of music therapy and verbal relaxation on chemotherapy-induced anxiety. *J Clin Nurs*. 2011;20(7-8):988-99.

157. Labbé E, Schmidt N, Babin J, Pharr M. Coping with stress: the effectiveness of different types of music. *Appl Psychophysiol Biofeedback*. 2007;32(3-4):163-8.
158. Gao T, Zhang T, Zhu L, Gao Y, Qiu L. Exploring Psychophysiological Restoration and Individual Preference in the Different Environments Based on Virtual Reality. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(17).
159. Jin J, Sklar GE, Min Sen Oh V, Chuen Li S. Factors affecting therapeutic compliance: A review from the patient's perspective. *Ther Clin Risk Manag*. 2008;4(1):269-86.
160. Mc Loughlin S, Terrasa SA, Ljungqvist O, Sanchez G, Garcia Fornari G, Alvarez AO. Nausea and vomiting in a colorectal ERAS program: Impact on nutritional recovery and the length of hospital stay. *Clinical Nutrition ESPEN*. 2019;34:73-80.
161. Barclay KL, Zhu YY, Tacey MA. Nausea, vomiting and return of bowel function after colorectal surgery. *ANZ J Surg*. 2015;85(11):823-8.
162. Holder-Murray J, Esper SA, Boisen ML, Gealey J, Meister K, Medich DS, et al. Postoperative nausea and vomiting in patients undergoing colorectal surgery within an institutional enhanced recovery after surgery protocol: comparison of two prophylactic antiemetic regimens. *kja*. 2019;72(4):344-50.
163. Lampton D, Kolasinski E, Knerr B, Bliss J, Bailey J, Witmer B. Side Effects and Aftereffects of Immersion in Virtual Environments. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 1994;38:1154-7.
164. Wu Y, Gu R, Yang Q, Luo Y-j. How Do Amusement, Anger and Fear Influence Heart Rate and Heart Rate Variability? *Front Neurosci*. 2019;13.
165. Homma I, Masaoka Y. Breathing rhythms and emotions. *Exp Physiol*. 2008;93(9):1011-21.
166. Sánchez-Nieto D, Castaño-Castaño S, Navarro-Martos R, Obrero-Gaitán E, Cortés-Pérez I, Nieto-Escamez F. An Intervention on Anxiety Symptoms in Moderate Alzheimer's Disease through Virtual Reality: A Feasibility Study and Lessons Learned. *Int J Environ Res Public Health*. 2023;20(3).
167. Shiffman S, Stone AA, Hufford MR. Ecological momentary assessment. *Annu Rev Clin Psychol*. 2008;4:1-32.
168. Blome C, Augustin M. Measuring Change in Quality of Life: Bias in Prospective and Retrospective Evaluation. *Value Health*. 2015;18(1):110-5.
169. Kabat-Zinn J, Lipworth L, Burney R. The clinical use of mindfulness meditation for the self-regulation of chronic pain. *J Behav Med*. 1985;8(2):163-90.

170. Eldridge SM, Chan CL, Campbell MJ, Bond CM, Hopewell S, Thabane L, et al. CONSORT 2010 statement: extension to randomised pilot and feasibility trials. *Pilot Feasibility Stud.* 2016;2:64.
171. Button KS, Ioannidis JPA, Mokrysz C, Nosek BA, Flint J, Robinson ESJ, et al. Power failure: why small sample size undermines the reliability of neuroscience. *Nature Reviews Neuroscience.* 2013;14(5):365-76.
172. Zimmerman DW. A Note on the Influence of Outliers on Parametric and Nonparametric Tests. *The Journal of General Psychology.* 1994;121(4):391-401.
173. Hróbjartsson A, Emanuelsson F, Skou Thomsen AS, Hilden J, Brorson S. Bias due to lack of patient blinding in clinical trials. A systematic review of trials randomizing patients to blind and nonblind sub-studies. *Int J Epidemiol.* 2014;43(4):1272-83.
174. Campo-Prieto P, Cancela-Carral JM, Alsina-Rey B, Rodríguez-Fuentes G. Immersive Virtual Reality as a Novel Physical Therapy Approach for Nonagenarians: Usability and Effects on Balance Outcomes of a Game-Based Exercise Program. *J Clin Med.* 2022;11(13).
175. Kang H. The prevention and handling of the missing data. *Korean J Anesthesiol.* 2013;64(5):402-6.
176. Teare MD, Dimairo M, Shephard N, Hayman A, Whitehead A, Walters SJ. Sample size requirements to estimate key design parameters from external pilot randomised controlled trials: a simulation study. *Trials.* 2014;15:264.
177. van Rooijen SJ, Molenaar CJL, Schep G, van Lieshout R, Beijer S, Dubbers R, et al. Making Patients Fit for Surgery: Introducing a Four Pillar Multimodal Prehabilitation Program in Colorectal Cancer. *Am J Phys Med Rehabil.* 2019;98(10):888-96.
178. Lier EJ, Smits MLM, de Vries M, van Goor H. Self-Administered Virtual Reality for Postsurgical Pain Management: A Qualitative Study of Hospital Patients' Reported Experiences. *Journal of Clinical Medicine.* 2023;12(21):6805.
179. Rentfrow PJ, Goldberg LR, Levitin DJ. The structure of musical preferences: a five-factor model. *J Pers Soc Psychol.* 2011;100(6):1139-57.
180. Lazarus RS. Stress, appraisal, and coping. Folkman S, editor. New York: New York : Springer; 1984. XI, 445 S. p.
181. Monteith S, Glenn T, Geddes J, Whybrow PC, Bauer M. Commercial Use of Emotion Artificial Intelligence (AI): Implications for Psychiatry. *Current Psychiatry Reports.* 2022;24(3):203-11.

Anhang

I Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	Analysis of Variance
ASA	American Society of Anesthesiologists
BMI	Body-Mass-Index
CCI	Comprehensive Complication Index
CDK	Clavien-Dindo Klassifikation
CS	Cybersickness
ECOG-PS	Eastern Cooperative Oncology Group Performance Skala
EORTC	European Organisation for Research and Treatment of Cancer
EORTC QLQ-C30	EORTC Quality of Life Questionnaire Core 30
FOV	Field of View
HMD	Head Mounted Display
IQA	Interquartilsabstand
kg	Kilogramm
KI	95 %-Konfidenzintervall
KPS	Karnofsky Performance Skala
KRK	Kolorektales Karzinom
KVT	Kognitive Verhaltenstherapie
m	Meter
M	arithmetisches Mittel
Mdn	Median
mmHg	Millimeter-Quecksilbersäule
n	Stichprobengröße
r	Pearson-Korrelationskoeffizient
SD	Standardabweichung
VR	Virtuelle Realität
VU	virtuelle Umgebung

II Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Standalone-VR-Headset vom Typ Oculus Go for Business	12
Abbildung 2: Visualisierung der ersten Atemübung	19
Abbildung 3: Konzentrationsspiel in Focus	19
Abbildung 4: Tunnel in Form von Mandalas.....	20
Abbildung 5: Bilderkugeln in Focus.....	20
Abbildung 6: Atemzyklus der Übung Atemempfindungen.....	21
Abbildung 7: Blick auf die Erde als Schlusszene	21
Abbildung 8: Zeitlicher Ablauf der Durchführung der Interventionen und Datenerhebung	22
Abbildung 9: Flussdiagramm der Rekrutierung der Probanden	29
Abbildung 10: Verteilung der möglichen Interventionen	33
Abbildung 11: Mittlere Veränderung des Wohlbefindens und Vitalparameter.....	35
Abbildung 12: Verlauf des Wohlbefindens während der erste Woche	36
Abbildung 13: Beschreibung des Wohlbefindens präoperativ.....	37
Abbildung 14: Mittlere Veränderung der Beschreibung des Wohlbefindens	38
Abbildung 15: Funktionsskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 bei stationärer Aufnahme	40
Abbildung 16: Mittlere Veränderung der Funktionsskalen.....	42
Abbildung 17: Symptomskalen des EORTC QLQ-C30 und SF-2 bei stationärer Aufnahme.....	43
Abbildung 18: Mittlere Veränderung der Symptomskalen (Teil 1).....	45
Abbildung 19: Mittlere Veränderung der Symptomskalen (Teil 2).....	46
Abbildung 20: Patientenzufriedenheit mit dem stationären Aufenthalt.....	47

III Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Ein- und Ausschlusskriterien für die Rekrutierung	17
Tabelle 2: Verteilung der biometrischen Daten nach Studiengruppe	30
Tabelle 3: Verteilung der Daten zur Operation und dem stationären Aufenthalt	31
Tabelle 4: Leistungsfähigkeit bei Krankenhausaufnahme und Entlassung	32

IV Danksagung

Größter Dank geht an meinen Doktorvater Herrn Prof. Dr. Matthias Anthuber für die Überlassung des Themas und die fortwährende, verlässliche und konstruktive Unterstützung. Vielen Dank an Herrn Dr. Matthias Schrempf, der durch seine Kreativität und seine Fähigkeit Ideen, ruhig, empathisch und zielgerichtet umzusetzen, maßgeblichen Anteil an der Realisierung des Projekts hatte. Ich wünsche ihm an dieser Stelle viel Erfolg bei der Verwirklichung seiner akademischen Ziele. Auch danken möchte ich den wissenschaftlichen Mitarbeitern, speziell Johanna Gutschon und Birgitt Herb, sowie dem ärztlichem und pflegerischem Personal der Klinik für Allgemein-, Viszeral- und Transplantationschirurgie, welche ein geeignetes Umfeld für die regelrechte Durchführung dieser Studie schafften. Ebenso möchte ich den Probanden danken, welche trotz ihren persönlichen Herausforderungen Offenheit für die Studienteilnahme zeigten. Abschließend möchte ich meiner Familie und Freunden danken, weil sie für mich da sind.

V Eigene Veröffentlichungen

Teile dieser Monographie wurden bereits veröffentlicht:

1. Schrempf MC, Petzold JQ, Vachon H, Petersen MA, Gutschon J, Wolf S, et al. Virtual reality-based relaxation for enhancement of perioperative well-being and quality of life: protocol for a randomised pilot trial. *BMJ Open*. 2021;11(4):e044193.
2. Schrempf MC, Petzold J, Petersen MA, Arndt TT, Schiele S, Vachon H, et al. A randomised pilot trial of virtual reality-based relaxation for enhancement of perioperative well-being, mood and quality of life. *Sci Rep*. 2022;12(1):12067.