

Tunnelsimulationen gegen Monotonie und Angst

Dr. A. Chatziastros , Dr. A. Mühlberger

Das gegenwärtige Erscheinungsbild vieler Straßentunnel ist für viele Tunnelnutzer wenig zufrieden stellend. Welche Maßnahmen jedoch zu einer ästhetischen Verbesserung und möglicherweise auch zu einer Erhöhung des Wohlbefindens während der Tunnelfahrt führen, lässt sich nicht einfach beantworten. Mit den Möglichkeiten der virtuellen Realität hat man jedoch ein nützliches Instrument zur Hand, mit dem man Tunnel realitätsnah präsentieren und verschiedene Maßnahmen experimentell untersuchen kann. Am Beispiel zweier Projekte soll hier der Nutzen solcher Tunnelsimulationen gezeigt werden. Das erste Projekt beschreibt die Erzeugung eines dreidimensionalen Modells des San-Bernardino-Tunnels und seiner Verwendung bei der Bewertung eines Entwurfs zur Gestaltung der Tunnelwände. Im zweiten Projekt wird der Nutzen von Tunnelsimulationen zu therapeutischen Zwecken untersucht und es wird gezeigt, wie mit virtueller Realität erste Erfolge bei der Behandlung von Tunnelangst erzielt worden sind.

Dr. Astros Chatziastros,
Wiss. Mitarbeiter, Max-Planck-
Institut für biologische
Kybernetik, Tübingen/D
Dr. Andreas Mühlberger,
Wiss. Assistent, Institut für
Psychologie, Biologische
und Klinische Psychologie,
Universität Würzburg/D

1 Virtuelle Realität und Tunnel- visualisierung

Der Einsatz computerge-
stützter Visualisierung von
Objekten hat in den letzten
Jahren in vielen Bereichen
eine weite Verbreitung ge-

Tunnel Simulations against Monotony and Angst

Dr. A. Chatziastros, Dr. A. Mühlberger

Many users are not at all satisfied with the appearance presented by many road tunnels. It is not, however, easy to supply an answer with regard to the measures leading to an aesthetic improvement and possibly also to make people feel more comfortable when driving through tunnels. However, virtual reality provides possibilities to present tunnels close-to-reality so that various measures can be investigated experimentally. The first project describes the creation of a three-dimensional model for the San Bernardino Tunnel and its application to assess a design to construct the tunnel walls. The use of tunnel simulations for therapeutic purposes is examined in the second project and it is displayed how initial successes have been attained in tackling tunnel angst thanks to virtual reality.

1 Virtual Reality and Tunnel Visualization

The application of computer-aided visualization of objects has gained ever increasing importance in many fields in recent years. The size of the objects, which are made visible in static presentations or moving animations, is not restricted; it ranges from (sub-) atomic to cosmological magnitudes. If a user has the possibility to interact with the artificially created, virtual objects in real time (in other words,

without any perceptible delays), this is generally known as virtual reality (VR). A simple case of interaction exists if a virtual object can be rotated

Dr. Astros Chatziastros,
Research Scientist, Max
Planck Institute for Biological
Cybernetics, Tübingen/D
Dr. Andreas Mühlberger,
Research Scientist, Institute
for Psychology, Biological
and Clinical Psychology,
University of Würzburg/D

funden. Der Größe der Objekte, die in statischer Darstellung oder bewegten Animationen sichtbar gemacht werden, sind keine Grenzen gesetzt; sie erstreckt sich von (sub-)atomaren bis kosmologischen Größenordnungen. Hat nun ein Anwender die Möglichkeit mit den künstlich erzeugten, virtuellen Objekten in Echtzeit (also ohne spürbare Verzögerungen) zu interagieren, spricht man allgemein von virtueller Realität (VR). Ein einfacher Fall von Interaktivität liegt vor, wenn ein virtuelles Objekt gedreht werden kann oder ein Anwender sich durch eine virtuelle Szene hindurchbewegt. In komplexeren Beispielen von Interaktivität wird eine Vielzahl weiterer Objektmanipulationen ermöglicht und zusätzlich zur visuellen Darstellung werden weitere Sinne des Menschen einbezogen (Gehör, Gleichgewicht, Tastempfindung).

Nicht nur in der Unterhaltungsindustrie, sondern auch in vielen anderen Arbeitsfeldern wie Maschinenbau, Medizin und Militär wurden die Vorzüge von VR erkannt. In der Automobilindustrie bedient man sich dieser Technik, um Prototypen und deren Funktionalität während der Produktentwurfsphase zu untersuchen („virtual prototyping“), aber auch zur Produktpromotion und Verkaufsförderung. Für die Architektur liegen die Vorzüge von VR vor allem darin, dass Objekte schon vor dem Bau „begraben“ werden können. Gegenüber dem Modellbau stellt dies eine wertvolle Alternative dar. Neben der visuellen Begutachtung ist dadurch ein Erleben der geplanten Objekte möglich. Dadurch können Fehler und spätere kos-

tenintensive Umbauten minimiert werden. Mithilfe von VR konnten in so manchen Entwürfen Stellen identifiziert werden, die beispielsweise Rollstuhlfahrer vor erhebliche Probleme gestellt hätten. Zusätzlich kann durch die Visualisierung die Wirkung von Lichtverhältnissen und weiteren spezifischen Daten (Statik, Lärm usw.) veranschaulicht werden.

In Fahrsimulationen, ob zu Ausbildungs- oder Forschungszwecken, rückt das Erleben und Verhalten eines meist größeren Personenkreises in den Mittelpunkt. Hier sind die geforderten Handlungsabläufe meist komplexer und finden in einem dynamischen System statt. Sie erfordern deshalb eine genaue Analyse der simulierten Parameter und der menschlichen Wahrnehmung. Die meiste Erfahrung hierzu hat man mit Flugsimulatoren gesammelt, die bereits in den 50er-Jahren des letzten Jahrhunderts mithilfe miniaturisierter Umgebungsmodelle und Videokameras auch die Pilotensicht nachbilden konnten. Die hieraus gewonnenen Erkenntnisse über das Zusammenspiel verschiedener Sinne bilden wichtige Bausteine, die für eine gelungene Simulation notwendig sind. Wichtige Einsichten wurden durch Flugsimulationen auch über die menschliche Informationsverarbeitung gesammelt. Die Überforderung der Piloten konnte durch verbesserte Handhabung und günstigere Platzierung von Instrumenten in der Folge vermindert werden. Heutzutage werden für die meisten Arten der Fahrzeugführung computergesteuerte Simulationen zum Training eingesetzt, vor allem wenn das reale



1 Wellenmuster auf 2 m breiten Abdeckpaneelen

1 Wave-shaped pattern on 2 m wide covering plates

or a user can move through a virtual scene. In more complex examples of interaction, a large number of different object manipulations are made possible and further human senses (hearing, balance, sense of taste) are integrated in addition to the visual presentation.

The advantages of VR have long been recognized in the entertainment industry as well as in many other sectors such as mechanical engineering, medicine and military. This technology is applied in the car industry to investigate prototypes and their capacity to function during the product design phase (“virtual prototyping”) – as well as for product promotion and marketing. For architecture the advantages of VR first of all relate to the fact that objects can be “inspected” before they are actually built. This of course, represents an invaluable alternative to model construction. Alongside visual appraisal, it is also possible to experience the planned object. In this way, errors and modifications at a later stage that cost a great deal of money can be minimized. With the aid of VR for instance, places have been identified in many designs that would have presented substantial difficulties to wheelchair users. In addition, through visualization the effect of light conditions and further specific data (statics,

noise, etc.) can be made evident.

Driving simulations, whether for training or research purposes, usually relate to what a larger circle of people experience and how they behave. In this case, the required courses of action are generally more complex and take place in a dynamic situation. As a result, they require an exact analysis of the simulated parameters and human perception. The most experience in this field has been gathered with flight simulators, which were also able to simulate the pilot’s view as far back as the 1950s with the help of miniaturized environment models and video cameras. The findings obtained in this way relating to the interplay of various senses provide important elements required for a successful simulation. Flight simulations also made it possible to collect essential recognitions with respect to human capacity to process information. In this way strain on pilots was reduced by improved handling and the more favourable installation of instruments. Nowadays, computer-controlled simulations are utilized for training people to drive most kinds of vehicles, above all, if real training is very expensive (shipping, railway) or associated with incalculable risks (e.g. police blue light assignments). The latter calls for a close-to-reality presentation

Training sehr kostenintensiv ist (Schifffahrt, Eisenbahn) oder mit unkalkulierbaren Risiken verbunden ist (z.B. Blaulichtfahrten der Polizei). Letzteres bedarf, neben einer realitätsnahen Darstellung der Umgebung und der Dynamik des Polizeifahrzeugs, auch einer überzeugenden Simulation des Verhaltens anderer Verkehrsteilnehmer und stellt hohe Anforderungen an die zu Grunde liegenden Algorithmen.

Die Visualisierung von Tunnelanlagen ist bislang noch wenig verbreitet. Dabei könnten in der Visualisierung von Tunneldurchfahrten die Vorzüge vereint werden, die VR jeweils für die Bereiche Architektur und Fahrsimulation bietet. Tunnelfahrten in VR liegen gewissermaßen an der Schnittstelle beider Disziplinen. Insbesondere für die Gestaltung des Tunnelinnenraums liegen zahlreiche Gründe vor, diese in einer Fahrsimulation zugänglich zu machen. Erstens ergeben sich bei der Neu- oder Umgestaltung von Tunneln Probleme wie bei anderen architektonischen Objekten. Der Bau von Tunneln ist mit hohen Kosten verbunden und Fehler oder Versäumnisse lassen sich nachträglich häufig nicht oder nur unter großem finanziellem Aufwand und erheblicher Einschränkung in der Benutzbarkeit verbessern. Zweitens stellen Straßentunnel erhebliche Anforderungen an ihre Benutzergruppe, die von ungünstigen Sichtbedingungen, Lärm, bis zu vermindertem Wohlbefinden reichen. Da solche Faktoren mit einer geringeren Leistungsfähigkeit der Fahrer in Verbindung gebracht werden, ist es im Sinne der Tunnelsicherheit notwendig, Maßnahmen zu er-

greifen, solche Anforderungen an die Fahrer so weit wie möglich (und bezahlbar) zu reduzieren.

Im Folgenden sollen zwei konkrete Anwendungen zeigen, wie Tunnel mit virtueller Realität visualisiert werden, um einerseits Gestaltungsfragen zu beantworten und andererseits einem Personenkreis zu helfen, der beim Befahren von Tunneln außerordentlich große Schwierigkeiten hat.

2 San-Bernardino-Studie

Als sehr störend nennen Tunnelnutzer die geringe Helligkeit in langen Straßentunneln, neben Gegenverkehr oder den Eigenschaften des Querschnitts, wie geringe Spurbreite und fehlende Randstreifen. Sehr häufig auch wird die von der Bauweise bedingte, optische Monotonie und fehlende Farbigkeit aufgeführt. Dem letztgenannten Missstand versucht man gelegentlich, vor allem in kürzeren Stadttunneln, mit gestalterischen Elementen an den Tunnelwänden beizukommen. Diese werden jedoch vorab keiner breiten Akzeptanzprüfung unterzogen.

Im Zuge der Sanierung des über 30 Jahre alten San-Bernardino-Tunnels in der Schweiz erwog das Tiefbauamt Graubünden, einen Gestaltungsvorschlag für den Innenraum des Tunnels näher zu überprüfen – ein Vorgehen, das einmalig in seiner Art ist. Bei diesem Gestaltungsvorschlag (E. Chia-vi, Davos/CH) handelte es sich um eine in Fahrtrichtung abfallende Wellenform, die auf die Abdeckpaneele im Tunnelinneren eingebracht werden sollte (Bild 1). Für die Wellenform wurden



2 Modellierung einer Ausstellbuchte

2 Modelling a breakdown bay

of the environment and the dynamics of the police vehicle – as well as a convincing simulation of the behaviour of other road users, and places high demands on the algorithms that are taken as the basis.

The visualization of tunnels is still in its infancy. It must be said, however, that the visualisation of tunnel passages could unite the advantages that VR provides for the sectors of architecture and driving simulation. It can be claimed that passing through tunnels in VR is located on the intersection of both these disciplines. There are a large number of reasons to make them accessible for driving simulation especially for designing the internal area of the tunnel. First of all, problems arise when building or redeveloping tunnels just as is the case with other architectural projects. Tunnel construction is geared to high costs and errors or omissions frequently cannot be subsequently remedied or only at great cost and considerable restrictions to availability. Secondly, road tunnels place substantial demands on those who use them, which range from unfavourable visibility conditions by way of noise right up to feeling less at ease. As such factors can be associated with poorer performance on the

part of the motorist, it is necessary in the interests of tunnel safety to resort to measures that reduce such demands on drivers as far as possible (and are affordable).

In the following, two concrete applications will display how tunnels can be visualized by means of virtual reality in order to provide answers to design issues and also to help a circle of persons, who find themselves confronted with extremely great difficulties when driving through tunnels.

2 San Bernardino Study

Tunnel users complain that the low light intensity in long road tunnels bothers them a great deal in addition to two-way traffic or the characteristics of the cross-section such as lanes not being wide enough or a lack of hard shoulders. The optical monotony and lack of colours that result from the method of construction are also very frequently mentioned. Occasionally attempts are made, particularly in short urban tunnels to remedy the latter shortcoming by painting elements on the tunnel walls. However, no effort is made to find out in advance if this solution is widely accepted.

verschiedene Farben vorgesehen, die einen Farbverlauf von Blau nach Rot zeigen sollten (gemäß einer Fahrt von Nord nach Süd). Der Farbwechsel sollte dabei jeweils an den Ausstellbuchten stattfinden.

Mehrere Fragen stellten sich im Zusammenhang mit dem Gestaltungsvorschlag, die nicht durch einfache Inspektion beantwortet werden konnten. Unklar war beispielsweise, welche Streckung das Muster erfahren sollte: Bei welcher Wiederholungsrate würden Fahrer das Muster am angenehmsten empfinden? Man konnte zwar vermuten, dass ein sich häufig wiederholendes Muster sogar unangenehm wirken könnte, aber genauere Aussagen konnten, auch mangels Vergleichssituationen, nicht getroffen werden. Gleichmaßen interessierte die Frage, ob durch eine solche Maßnahme gegenüber dem bisherigen Erscheinungsbild des Tunnels überhaupt eine nennenswerte Verbesserung beispielsweise hinsichtlich der Monotonie erzielt werden kann. Zur Beantwortung dieser und weiterer Fragen entschloss man sich zu einer experimentellen Studie, die im VR-Labor des Max-Planck-Instituts für biologische Kybernetik in Tübingen durchgeführt wurde. Die typischen Schritte, die zu einer experimentellen Untersuchung mithilfe virtueller Realität führen, sollen nun kurz skizziert werden.

Der erste Schritt betrifft die Modellerstellung. Die Geometrie, das Aussehen und weitere typische Merkmale müssen in einem dreidimensionalen Computermodell unter Verwendung spezieller Software nachgebaut werden. Dazu wurden anhand von Konstruktions-

plänen des San Bernardino die Querschnittsgeometrie und das Längenprofil nachgebildet sowie die Ausstellbuchten (Bild 2) und die Tunnelportale modelliert. Dieses „nackte“ Modell bekommt schließlich einen realitätsnahen Charakter, indem geeignete Texturen aufgebracht werden, d. h. Bilder von Materialstrukturen und Oberflächenbeschaffenheiten. Gute Ergebnisse erzielt man, wenn, wie in diesem Fall, Aufnahmen von Originaldetails des Objektes benutzt werden. In einem zweiten Schritt kann dieses Modell durch ein echtzeitfähiges Programm angezeigt werden. Zusammen mit der notwendigen Hardware stellt dieses den Kern der Simulation dar. Hier wird festgelegt, wie mit Ein- und Ausgabegeräten verfahren werden soll und welche Bewegungen und Objektmanipulationen möglich sein sollen. In dieser Fahrsimulation wurde nur ein Lenkrad eingebunden, da die Teilnehmer der Studie mit konstanter Geschwindigkeit fahren sollten. In diesem Schritt wird auch die Entscheidung über die Art der Bildprojektion gefällt. In diesem Fall diente eine zylindrische Leinwand mit 7 m Durchmesser dazu, die Tunnelfahrscenen in einer horizontalen Größe von 180 Grad aufzuprojizieren (Bild 3). Im wichtigen dritten Schritt müssen die zu untersuchenden Fragen genau spezifiziert und das experimentelle Vorgehen festgelegt werden. Beispiele hierfür sind die Entscheidung, das gegenwärtige Aussehen des Tunnels mit drei verschiedenen Längen des Wellenmusters (10, 20 und 40 m) zu vergleichen (Bild 4) oder die Gestaltungsvarianten des Tunnels jedem Testfahrer in unter-

The Graubünden Foundation Engineering Office decided to examine a proposal for designing the internal area of the tunnel within the scope of refurbishing the more than 30 year old San Bernardino Tunnel – a previously unparallelled procedure. The design proposal (E. Chiavi, Davos/CH) foresaw a wave-shaped form dipping in the direction of travel, which was to be placed on the covering panels in the tunnel interior (Fig. 1). Various colours were proposed for the wave-shaped form, varying from blue to red (commensurate with driving from north to south). The colour changes were scheduled to take place at the breakdown bays.

A number of issues cropped up in conjunction with the design proposal that could not be answered through a simple inspection. It was not clear for instance, which length the pattern should be accorded. How often should the pattern be repeated for motorists to find it most acceptable? It was surmised that a pattern that constantly repeated itself could even be regarded as unpleasant but no exact conclusions could be reached owing to a lack of comparable situations. A further question that required answering was whether such a measure actually represented a worthwhile improvement compared with the tunnel's existing look – regarding the monotony for example. It was decided to undertake an experimental study at the VR Laboratory of the Max Planck Institute for Biological Cybernetics in Tübingen to find an answer to these and other issues. The typical steps required for an experimental investigation using virtual reality will now be examined in brief.

The first step relates to model compilation. The geometry, the appearance and further typical features must be recreated in a three-dimensional computer model using special software. Towards this end, the cross-sectional geometry and the longitudinal profile as well as the breakdown bays (Fig. 2) and the tunnel portals were modelled on the basis of the plans for designing the San Bernardino. This "naked" model is then accorded a close-to-reality character by adding suitable textures, i.e. pictures of material structures and surface compositions. Good results are obtained if as in this case, images of original details from the object are used. In a second step the model can be displayed using a real time compatible programme. This represents the core of the simulation together with the necessary hardware. It is determined here how input and output units are to be applied, and which movements and object manipulations should be possible. A steering wheel was all that was included in this driving simulation, as the participants in the study were supposed to drive at constant speed. During this step the nature of picture projection is also decided. In this case, a 7 m diameter cylindrical screen served to display the tunnel driving scenes in a 180 degree horizontal size (Fig. 3). In the important third step, the issues to be answered have to be specified in detail and the experimental procedure laid down. Examples of this are the decision to compare the existing appearance of the tunnel with three different lengths of the wave-shaped pattern (10, 20 and 40 m) (Fig. 4), or to present the various tunnel patterns foreseen for the tunnel in different sequences to the

schiedlicher Reihenfolge zu präsentieren. Für den Erfolg einer Untersuchung mitentscheidend ist aber auch die Frage, welche Variablen erfasst werden. Eine Liste von Fragen zur Beurteilung der Gestaltung und subjektiven Sicherheit wurde hier erarbeitet. Sie sollte Auskunft darüber geben, wie Fahrerinnen und Fahrer die fünfminütige Fahrt durch die verschiedenen Designs erlebten. Während der Tunnelfahrt wurde auch die emotionale Befindlichkeit wiederholt abgefragt. Ein möglicherweise unterschiedliches Wohlbefinden in einzelnen Tunnelabschnitten auf Grund der jeweiligen Farben konnte damit überprüft werden. Durch die Aufzeichnung des gefahrenen Weges und damit des Abstands von der Tunnelwand, lag ein objektives Maß zur Hand, mit dem die Fahrleistungen verglichen werden konnten. Der letzte Schritt betrifft schließlich die Durchführung der Studie und die Analyse der Daten. An dieser Untersuchung nahmen 36 Personen im Alter von 19 bis 72 Jahren teil, von denen jede rund 50 virtuelle Kilometer absolvierte. Die Studie wurde Mitte 2002 abgeschlossen.

Von den zahlreichen Ergebnissen dieser Untersuchung sollen hier nur einige wenige hervorgehoben werden. Es zeigte sich, dass eine farbige Gestaltung insgesamt sehr positiv aufgenommen wird und geeignet erscheint, die Monotonie deutlich zu verringern. Helle Abdeckpaneele mit farbigem Muster führen dazu, dass sich Fahrer in so einem Tunnel sicherer fühlen. Einige Farben wurden allerdings durchweg weniger positiv bewertet, was bei einer möglichen Realisierung berücksich-

sichtigt werden müsste. Durchgehend wurde von den Teilnehmern die längste Wellenform von 40 m favorisiert, mit nur kleinen Vorteilen gegenüber der nächst kürzeren Variante. Schließlich zeigte die Analyse des gefahrenen Weges keine Hinweise darauf, dass beim Befahren eines farblich gestalteten Tunnels mit Leistungseinschränkungen zu rechnen ist. Durch umfassendere Untersuchungen könnte man zu diesem Bereich auch detailliertere Aussagen machen, indem beispielsweise Reaktionszeiten der Fahrer auf unvorhersehbare Ereignisse oder Blendung durch Gegenverkehr gezielt betrachtet werden.

Eine endgültige Entscheidung über eine Umsetzung des hier untersuchten Gestaltungsvorschlags ist gegenwärtig noch nicht gefallen. Auch wenn eine solche Alternativgestaltung des Tunnelinnenraums von Seiten der Tunnelnutzer befürwortet wird, müssen noch einige weitere Faktoren berücksichtigt werden. Dazu zählen Fragen zum Farbmateriale und zur Anbringung sowie zu Installations- und Reinigungskosten. Ebenso stellt die vorgeschlagene Wellenform eine von mehreren Möglichkeiten zur Innengestaltung dar. Der zukünftige San-Bernardino-Tunnel soll mit zahlreicher und verhältnismäßig großer Fluchtschilderung ausgestattet werden. Unter Berücksichtigung der Sichtbarkeit der Beschilderung könnte eine entsprechende Anpassung des Gestaltungsvorschlags vorteilhaft sein.

3 Tunnelangst

Für eine bestimmte Gruppe von Personen ist das Be-

motorists involved in the test. The question regarding which variables are compiled is also codetermining for the success of an investigation. A list of questions for appraising the design and subjective safety was compiled here. It was intended to provide information on what male and female motorists experienced during their five-minute drive past the various designs. During their passage through the tunnel, their emotional state was also repeatedly checked. In this way, it was possible to determine if they responded differently to the colours in the individual tunnel sections. Through registering the distance that was covered and in turn the gap from the tunnel wall, an objective parameter was available which enabled driving performances to be compared. The final step relates to the carrying out of the study and the analysis of the data. 36 persons aged between 19 and 72 took part in this study – with each one of them completing roughly 50 virtual kilometres. The study was concluded in mid-2002.

Only a few of the large number of results produced by the study will be dealt with here. It was revealed that altogether colours are accepted most positively and appear suited to considerably reduce the monotony. Light covering plates with coloured patterns contribute towards motorists feeling safer in tunnels. However, certain colours received a far less positive rating, something that had to be taken into account for any possible realization. All the participants favoured the longest wave-shaped form of 40 m, which possessed only slight advantages compared with the next shortest variant. Basically the analysis of the distance covered produced no

evidence that restrictions in performance are to be reckoned with when driving through a tunnel provided with coloured elements. Through far-reaching investigations it was also possible to come up with detailed statements relating to this field, for example through specifically observing the reaction times of drivers for unforeseen contingencies or being blinded by oncoming traffic.

No final decision has as yet been taken with respect to applying the investigated design proposal. Even if tunnel users are in favour of such an alternative design for the interior of the tunnel further factors must still be taken into consideration. These include issues pertaining to the colour material and how it should be placed as well as installation and cleaning costs. Furthermore, the proposed wave-shaped form merely represents one of a number of possibilities for the tunnel's interior design. The future San Bernardino Tunnel is to be provided with more numerous and relatively large escape signs. It might be of advantage to adapt the design proposal accordingly taking the visibility of the signs into account.

3 Tunnel Angst

Driving through road tunnels represents a real challenge for a certain group of persons. An estimated 15% of all people experience unpleasant sensations or angst when deriving through tunnels. Should this angst occur to a high degree or lead to those concerned avoiding the situation so that their lives are affected to such an extent that they really suffer, one speaks of a phobia. People with such a phobia would rather undertake kilometre-long detours in

fahren von Straßentunneln an sich bereits eine besondere Herausforderung. Ein geschätzter Anteil von bis zu 10 % aller Personen erleben bei Tunnelfahrten unangenehme Gefühle oder Angst. Tritt diese Angst in starkem Maße auf oder führt sie zu einem Vermeiden der Situation, sodass das Leben der betroffenen Personen eingeschränkt wird und Leiden verursacht, spricht man von einer Phobie. Personen mit einer solchen Phobie nehmen zum Beispiel kilometerlange Umwege in Kauf, um Straßentunnel zu umfahren oder befahren den Tunnel unter starker Angst, die sich auch in physiologischen Reaktionen wie Schwitzen und Herzrasen äußert. Auslöser dieser Tunnelangst können dabei unterschiedliche Reize sein. Aus grundlagenwissenschaftlichen Untersuchungen ist bekannt, dass Dunkelheit zu einem negativeren Gefühlszustand führt. Auch nach Aussagen von Personen mit Tunnelangst spielen die Lichtverhältnisse im Tunnel eine wichtige Rolle. Ebenfalls als Angstauslöser werden Fahrbahnverengungen und Stausituationen genannt sowie Fahrten, bei denen das Ende des Tunnels nicht sichtbar ist. Durch Simulation von Tunnelfahrten in VR ist man nun in der Lage, die Auslöser der Angst genauer zu bestimmen und die Therapie der Angst zu optimieren. Dadurch können einzelne Angstauslöser getrennt dargeboten und gleichzeitig die Reaktionen der Probanden erfasst werden.

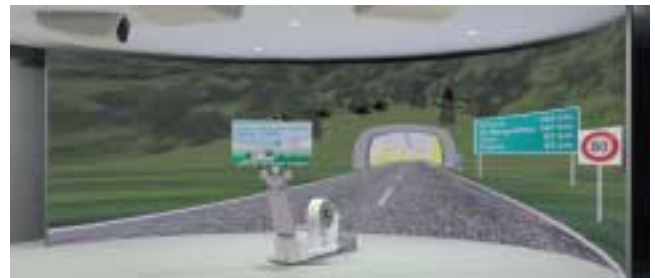
Zur Behandlung von Phobien hat sich die Expositionstherapie am erfolgreichsten bewährt. Bei dieser Therapie ist es von entscheidender Bedeutung, dass die Personen einen neuen Um-

gang mit der Angstsituation erlernen. Dazu müssen die Angstsituation aktiv aufgesucht und das Nachlassen der Angst in der Situation wiederholt erlebt werden. Tunnelsimulationen erlauben nun, die Therapie der Tunnelangst im Arbeitsbereich des Therapeuten durchzuführen. Ein aufwändiges und teures Aufsuchen der realen Angstsituation ist nicht notwendig oder kann auf ein Mindestmaß reduziert werden. Durch die Konzentration auf die relevanten Angstauslöser wird eine effizientere Bewältigung der Angst ermöglicht. Wird beispielsweise nur dann Angst erlebt, wenn in einem Tunnel zwischen zwei Lkw gefahren wird, kann diese Situation in einer Simulation einfach realisiert werden. In der Realität dagegen lassen sich solche Bedingungen oft nur unter hohem Aufwand herstellen.

Durch Simulationen konnten bereits bei einer Reihe anderer Phobien (z. B. Höhenangst, Flugangst) subjektive und physiologische Angstreaktionen ausgelöst werden, die im Laufe mehrerer Darbietungen abnahmen. In mehreren Untersuchungen konnte zusätzlich gezeigt werden, dass durch die Schaulistung von simulierten Situationen auch die Angst in realer Umgebung bewältigt werden kann. Im Rahmen einer jüngsten Untersuchung haben wir erprobt, ob eine Exposition mithilfe virtueller Tunnelfahrten auch bei einer Tunnelphobie helfen kann.

Fallbeispiel

Frau W. hatte vor der Therapie erhebliche Angst beim Durchfahren längerer Bergtunnel (z. B. Gotthard-Tunnel, San-Bernardino-Tunnel).



3 Anfahrt Südportal San Bernardino im Experimentalraum

3 Access to the San Bernardino southern portal in experimental area

order to avoid road tunnels or to drive through them subjected to pronounced fear, which is also expressed in physiological reactions such as sweating and palpitations. This tunnel angst can be triggered in different ways. It is known from fundamental research investigations that darkness can lead to a more negative state. Persons who suffer from tunnel angst also say that the light conditions in the tunnel play an important role. Narrow lanes and tail-backs also trigger fear as well as passages where the end of the tunnel cannot be seen. By simulating tunnel passages in VR it is now possible to more accurately trace the causes of angst so that therapy can be optimized. In this way, individual causes of angst can be presented separately so that the reactions of test persons compiled at the same time.

Exposure therapy has emerged to be highly successful for treating phobia. It is of decisive importance for this therapy that those concerned learn new ways to deal with the angst situation. Towards this end the angst situation has to be actively confronted and the elimination of fear repeatedly experienced in this situation. Tunnel simulations now facilitate tunnel angst therapy to be undertaken within the working range of therapists. A complex or expensive quest for the real angst situation is not neces-

sary or can at least be reduced to a minimum. Through concentrating on the relevant sources of angst it is easier to overcome angst more effectively. Should angst only occur when someone has to drive between two lorries in a tunnel then this situation can be realized simply by simulation. However, in reality such conditions can only be reproduced after going to a lot of trouble.

Simulations have also been applied to reduce a number of other phobias (e.g. fear of heights, fear of flying) with subjective and physiological angst reactions being dealt with during a series of treatments. In a number of investigations it was also possible to reveal that angst in a real environment can be overcome by presenting simulated situations. Within the scope of our latest investigation we tried to find out whether exposure can also help in the case of tunnel phobia with the aid of virtual tunnel journeys.

Case Example

Prior to therapy, Mrs. W was extremely frightened to drive through longer mountain tunnels (e.g. Gotthard Tunnel, San Bernardino Tunnel). She reports that this fear accompanied her throughout her entire life. During therapy Mrs. W took part in four sessions within a six week period, at which in each case she had to drive through virtual tunnels on several occasions. During

Sie berichtet, dass diese Angst sie schon ihr ganzes Leben begleite. Während der Therapie nimmt Frau W. an vier Sitzungen über den Zeitraum von sechs Wochen teil, in denen jeweils mehrere Fahrten durch virtuelle Tunnel stattfinden. In der ersten Sitzung berichtet die Probandin, dass sie die Einfahrt in den Tunnel mit einem starken Angstgefühl erlebt. Im Tunnel ist sie nicht in der Lage, zur Seite oder zur Tunneldecke zu blicken. Automatisch atmet sie nur noch flach, ohne dies kontrollieren zu können. Begleitet wird die Angst durch feuchte Hände und eine Erhöhung der Herzrate. Ab der zweiten Sitzung wird die Fahrt im Tunnel vom Therapeuten unvermittelt verlangsamt und angehalten. Dies führt zunächst zu einer erhöhten Angst, die sich aber im Verlauf der Sitzungen nach und nach vermindert und in der vierten Sitzung nicht mehr auftritt: Sowohl das subjektive Gefühl als auch die physiologischen Parameter sind auf Normalniveau abgesunken.

Im Anschluss an die Therapie-sitzungen tritt Frau W. eine Fahrt durch den San Bernardino-Tunnel an, bei dem sie zuvor starke Angst erlebte. Sie berichtet, dass sie jeden Moment das Aufkommen der Angst erwartete. Zu ihrer Überraschung jedoch war die Fahrt kein bisschen unangenehm: „Da war einfach keine Angst.“ Auch während vieler weiterer Tunnel-fahrten, unter anderem durch den langen Gotthard-Tunnel, erlebt Frau W. noch 2 Jahre nach der Therapie keine Angst und keine körperlichen Reaktionen mehr. Dieses Beispiel verdeutlicht, dass nach der Therapie durch virtuelle Exposition

Angst auch in realen Tunnel-fahrten langfristig erfolgreich bewältigt werden kann.

4 Zusammenfassung

Mit heutiger Computertechnik kann man zu einem verhältnismäßig günstigen Preis virtuelle Realitäten erzeugen, die realen Szenen sehr nahe kommen und in denen Menschen auf weitgehend natürliche Art interagieren können. Diese VR-Technik wird bereits für ganz unterschiedliche Anwendungsbereiche und Fragestellungen eingesetzt. Hier wurden zwei ganz unterschiedliche Einsatzgebiete der Tunnelvisualisierung dargestellt. Virtuelle Realität in Verbindung mit heutigen experimentellen Methoden wurde hier zur Klärung von Gestaltungsfragen des Tunnelinnenraums eingesetzt. Diese Kombination von VR und Experiment sollte auch in Zukunft erlauben, kreative Ideen auf ihre Vorteile und Nachteile für einen größeren Personenkreis zu überprüfen. Virtuelle Realität lässt sich aber auch zu diagnostischen und therapeutischen Zwecken einsetzen und eröffnet den Therapeuten ganz neue und effiziente Wege in ihrer Arbeit. Schon allein durch ihre Wirksamkeit bei der Behandlung von Phobien zeigen die heutigen Simulationen, wie überzeugend sie die reale Welt abbilden können.



4 Standardtunnel und Gestaltungsvorschlag

4 Standard tunnel and design proposal

the first session the participant reports that she experienced a strong feeling of angst when entering the tunnel. In the tunnel she is not in the position to look towards the side or at the tunnel ceiling. She automatically starts to breathe shallowly – without actually being able to control this. Her fear is accompanied by clammy hands and an increase in heart beat. As from the second session, her passage through the tunnel is unexpectedly slowed down and this initially leads to a heightened state of fear, which diminishes gradually in the course of the sessions – and no longer occurs during the fourth session: both the subjective feeling as well as the physiological parameters has dropped to normal level.

Following the therapy sessions, Mrs. W undertakes a trip through the San Bernardino Tunnel during which she had previously experienced pronounced angst. She reveals that she was waiting for this fear to return any moment. However, to her surprise the journey was not in the least bit unpleasant: “There was simply no fear there at all.” During many other journeys through tunnels, including the long Gotthard Tunnel, Mrs. W experienced neither fear nor physical reactions at all even 2 years after therapy. This ex-

ample displays that angst can be successfully overcome in the long term even for real tunnel journeys following therapy in real tunnel journeys as well.

4 Summary

Thanks to new computer technology, virtual realities can be created at a relatively reasonable cost, which closely approximate real scenes and in which persons can interact in a largely natural manner. This VR technology is already being applied for various sectors of application and problem complexes. Two quite different fields of application for tunnel visualization were presented here. Virtual reality in conjunction with current experimental methods was applied to clarify issues relating to how the tunnel interior should be designed. This combination of VR and experiment should make it possible in future to check creative ideas in order to determine their pros and cons for a major group of persons. Virtual reality can also be applied for diagnostic and therapeutic purposes – and opens up completely new and efficient ways of working for therapists. Current simulations reveal just how convincingly they can mirror the real world alone through their efficacy in dealing with phobia.