

**Tab. 2.7** (Fortsetzung)

Ausprägung	Beschreibung
Optimierung der Bahnführung	<ul style="list-style-type: none"> <li>synchronisierte Fahrt (eine unter den benachbarten Fahrzeugen abgestimmte Fahrt) im Quer- sowie Längsverkehr (z. B. Kolonnenfahrt, verkehrsregelfreie Kreuzungen, sich anpassende Fahrstreifen etc.) als beispielhafte Zielsetzung</li> </ul>
Optimierung der Regelung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Austausch von ausgewählten Fahrzeugzuständen sowie Intentionen des Fahrroboters, der Verkehrsteilnehmer und weiterer Elemente in direkter Fahrzeugumgebung</li> <li>Ziel: Kollisionsvermeidung im Quer- und Längsverkehr mit einem oder mehreren Fahrzeugen der direkten Nachbarschaft entsprechend bereits existierender V2X-Konzepte</li> </ul>
Bereitstellen von Umweltinformationen	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teilen von Informationen über die Fahrzeugumwelt, die vom Fahrroboter wahrgenommen wurden, mit den Verkehrsteilnehmern sowie einer Verkehrszentrale in direkter Umgebung</li> <li>Ziel: Bedatung einer optimierten Karte als Informationsquelle für Positionierung, Gefahrenerkennung, Navigation etc.</li> </ul>
Aktualisierung der Fahrroboterfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>Update des Herstellers, das die (Fahr-)Fähigkeiten des Fahrroboters verbessert</li> </ul>
Fahrroboterüberwachung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teilen von Informationen über den Zustand, die Fähigkeiten und die Intentionen des Fahrroboters mit berechtigten Instanzen</li> <li>Ziel: Sicherung von Beweismaterial (Event Data Recording) für die Rekonstruktion eines Unfallhergangs und Mitteilung von Fehlfunktionen oder Gefahrensituationen durch Selbstdiagnose an den Hersteller</li> </ul>
Insassenüberwachung	<ul style="list-style-type: none"> <li>Teilen von Zustandsinformationen (Video, Audio, Herzschlag etc.) über den Beförderten mit einer Notrufzentrale oder einem Dienstleister</li> <li>Weitergabe der Informationen an Berechtigte ohne Aktivität des Insassen</li> <li>Ziel: Überwachung der Gesundheit und Sicherheit des Beförderten</li> </ul>
Insassennotruf	<ul style="list-style-type: none"> <li>aktive Kontaktierung von Notrufzentrale oder Dienstleister durch Insasse im Notfall</li> <li>aktive Entscheidung des Insassen, ob er Informationen teilt oder nicht</li> </ul>

## 2.4.7 Merkmal G: Verfügbarkeitskonzept

### 2.4.7.1 Motivation

Im Normalbetrieb wird das Fahrzeug durch den Fahrroboter innerhalb des zugelassenen Einsatzbereichs autonom bewegt. Erkennt der Fahrroboter eine i.A. nicht vorhersehbare Funktionsgrenze, übergibt der Fahrroboter an ein spezifiziertes Verfügbarkeitskonzept, welches festlegt, wie die Fahrmission fortgesetzt wird. Solche Funktionsgrenzen können beispielsweise durch unbekannte Hindernisse auf der Fahrbahn auftreten, die eine Weiterfahrt innerhalb der Entscheidungsautonomie nicht mehr zulassen. Ein Beispiel für ein solches Hindernis ist ein Ast, der so auf die Fahrbahn ragt, dass das Fahrzeug den Ast berühren muss, um die Fahrt fortzusetzen. In welchem Umfang das Verfügbarkeitskonzept

die komplette Fahraufgabe übernimmt oder dem Fahrroboter nur eine Entscheidung abnimmt, wird bewusst offen gelassen.

#### 2.4.7.2 Merkmalsausprägungen

1. *keine Verfügbarkeitsergänzung*
2. *Verfügbarkeitsfahrer*
3. *teleoperiertes Fahren*
4. *Lotsen-Service*
5. *elektrisches Abschleppen*

In Tab. 2.8 werden die unterschiedlichen Verfügbarkeitskonzepte näher erläutert. Die Übergabe vom Fahrroboter auf das alternative Verfügbarkeitskonzept ist risikominimal umzusetzen. Der Fahrroboter überführt das Fahrzeug für die Übergabe in den risikominimalen Zustand, der für eine Übergabe an das jeweilige Verfügbarkeitskonzept geeignet ist. Die entsprechenden Schnittstellen für den Verfügbarkeitsfahrer, die Fernsteuerung, einen Lotsen oder das Abschleppen müssen zur Verfügung stehen.

**Tab. 2.8** Ausprägungen des Merkmals G

Ausprägung	Beschreibung
keine Verfügbarkeitsergänzung	Abwarten des Fahrroboters, bis durch äußere Einflüsse die Szene wieder beherrschbar und durch die Spezifikationen des Fahrroboters abgedeckt wird
Verfügbarkeitsfahrer	Unterstützung des Fahrroboters durch einen Insassen bei der Bewältigung der Szene (offen, ob durch Übernahme der Fahrfunktion oder durch Manöverkommandos)
teleoperiertes Fahren	Unterstützung des Fahrroboters durch einen Dienstleister bei der Bewältigung der Szene mithilfe einer Fernsteuerung
Lotsen-Service	Unterstützung des Fahrroboters durch eine besonders ausgebildete Person bei der Bewältigung der Szene
elektrisches Abschleppen	Voraussetzung: für Regelungsaufgabe notwendige Hardware funktionsfähig Ansteuerung der Hardware durch Abschleppwagen mittels direkter Verbindung

### 2.4.8 Merkmal H: Erweiterungskonzept

#### 2.4.8.1 Motivation

Mithilfe des autonomen Fahrens werden nicht zwangsläufig, vor allem nicht zu Beginn der Einführung, alle Einsatzbereiche abgedeckt, die für die Bewältigung aller Transportaufgaben benötigt werden. Teilbereiche verbleiben, die nicht autonom bewältigt werden

können. Um dennoch die Mobilitätsbedürfnisse der Kunden zu erfüllen, könnten Bereiche außerhalb des Einsatzbereichs des autonomen Fahrens mithilfe von Erweiterungskonzepten abgedeckt werden. Das Erweiterungskonzept beschreibt, ob und womit es ermöglicht wird, die Fahrzeugführung außerhalb des für autonomes Fahren spezifizierten Einsatzbereichs auszuführen.

### 2.4.8.2 Merkmalsausprägungen

1. *keine Erweiterung*
2. *Fahrer*
3. *teleoperiertes Fahren*
4. *Lotsen-Service*
5. *Extra-Transportmittel*

In Tab. 2.9 werden den einzelnen Konzepten Beschreibungen detaillierter Charakteristiken zugewiesen. Wenn auf das Erweiterungskonzept *Fahrer* gesetzt wird, bedingt dies, dass eine Fahrzeugführungsschnittstelle („Fahrerarbeitsplatz“) zur Verfügung steht. Außerdem wird vorausgesetzt, dass eine fahrtüchtige und autorisierte Person als Insasse die Fahrt außerhalb des Einsatzbereichs des autonomen Fahrens begleitet. Für die anderen denkbaren, aus heutiger Sicht noch futuristisch wirkenden Ausprägungen (*teleoperiertes Fahren* sowie *Lotsen-Service*) ist ein für diese Variante notwendiger Dienst bzw. eine Schnittstelle bereitzustellen.

**Tab. 2.9** Ausprägungen des Merkmals H

Ausprägung	Beschreibung
keine Erweiterung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• der Einsatzbereich wird nicht erweitert</li> <li>• vollständige Abdeckung eines Einsatzbereichs für spezifizierte Transportaufgaben: exklusiv-autonomes Fahrzeug</li> <li>• bei Überdeckung des Einsatzbereichs mit dem von aktuellen Fahrzeugen: vollautonomes Fahrzeug</li> </ul>
Fahrer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übernahme der Fahraufgabe durch einen Menschen</li> </ul>
teleoperiertes Fahren	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Übernahme der Fahraufgabe durch einen externen Operator</li> </ul>
Lotsen-Service	<ul style="list-style-type: none"> <li>• siehe Tab. 2.8</li> </ul>
Extra-Transportmittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Überführen des Fahrroboters an den Grenzen des Einsatzbereichs zu einem Extra-Transportmittel, sodass dieses Transportmittel die Transportaufgabe weiter ausführt</li> <li>• Beispiel: Langstreckentransport von Stadtfahrzeugen mithilfe eines „Autozugs“ oder mithilfe eines Konzepts ähnlich einer elektronischen Deichsel</li> </ul>

### 2.4.9 Merkmal I: Eingriffsmöglichkeiten

Nach Donges [3] müssen die drei primären Fahraufgaben Navigation, Bahnführung und Stabilisierung erfüllt werden, um ein Fahrzeug zu einem Fahrtziel zu führen. Die Stabilisierungsaufgabe wird u. a. bei Löper [1] durch die Regelungsaufgabe („Control Level“) ersetzt: Die Regelungsaufgabe beinhaltet die Stabilisierung, und darüber hinaus besitzt sie die Möglichkeit, das Fahrzeug in einen fahrdynamisch instabilen Zustand zu überführen, mit dem Ziel, die Fahraufgabe zu erfüllen. Somit werden im Folgenden die für den Menschen relevanten Fahraufgaben Navigation, Bahnführung und Regelung betrachtet.

Diese Fahraufgaben werden nach der Definition des vollautomatisierten Fahrens komplett dem Fahrroboter übergeben: Bekommt der Fahrroboter ein Fahrtziel vorgegeben, erfüllt dieser die Navigations-, Bahnführungs- und Regelungsaufgabe und führt das Fahrzeug zu dem Fahrtziel. Zwar muss der Fahrroboter diese Fahraufgaben erfüllen, der Aufbau der Architektur des Fahrroboters ist davon jedoch zunächst unabhängig. Im Gegensatz dazu werden aktuelle Serienfahrzeuge, mit Ausnahme von Gefahrensituationen (ABS, ESC, AEB), durch den menschlichen Fahrer geführt. Dem Menschen wird aktuell immer die Möglichkeit geboten, Assistenzsysteme durch die Betätigung der Stellelemente an seinem Fahrer Arbeitsplatz zu korrigieren oder zu übersteuern. Somit existieren zwei Instanzen – der Insasse sowie der Fahrroboter – die prinzipiell die Fähigkeiten besitzen, ein Fahrzeug zu führen.

Zusätzlich existieren Ideen und Konzepte der Fahrzeugfernsteuerung (Tele-Operation), bei denen fahrzeugexterne Instanzen in die Fahrzeugführung eingreifen. Existieren eine Kommunikation und eine entsprechende Schnittstelle für die Fahrzeugaußenwelt, dann besitzen diese externen Instanzen ebenfalls die Möglichkeit, auf die Fahrzeugführung Einfluss zu nehmen. Somit können insgesamt die drei Instanzgruppen *Intern*, *Fahrzeug* und *Extern* die Fahrzeugführung übernehmen.

Für die vereinfachte Beschreibung des Merkmals sind die Insassen (volljährig, minderjährig, Menschen mit einschränkender Behinderung etc.) zur Gruppe *Intern* und die sich außerhalb des Fahrzeugs befindenden Einflussgrößen (hoheitliche Autoritäten (z. B. Polizei), Fahrzeughalter (wenn nicht Teil der Gruppe *Intern*), Bevollmächtigter etc.) zur Gruppe *Extern* zusammengefasst. Werden die Instanzen unabhängig voneinander betrachtet, ergeben sich folgende Fragen bezüglich deren Eingriffsmöglichkeiten:

1. Auf welcher Fahrzeugführungsebene hat die Instanz die *Möglichkeit* einzugreifen?
2. Für welche Fahrzeugführungsebene hat die Instanz die *Befugnis* einzugreifen?

Die erste Frage wird durch das Fahrzeugkonzept des Use-Case beantwortet. Soll die Instanz die Möglichkeit haben einzugreifen, dann wird vorausgesetzt, dass eine geeignete Schnittstelle für diese Instanz im Fahrzeugkonzept vorgesehen ist. Die zweite Frage erfordert eine rechtliche Regelung, die definiert, welche Befugnisse für Instanzen entsprechend deren Eigenschaften und Zuständigkeiten vergeben werden. Wer diese Regeln erstellt und prüft, ob es eine Art Fahrprüfung für die unterschiedlichen Ebenen gibt und Autorisierungen wie Führerschein oder Zugangscodes benötigt werden, soll hier nicht weiter ausgeführt werden.

Daraus folgen unterschiedliche Kombinationen zwischen Möglichkeiten des Eingriffs, die das Fahrzeugkonzept bereitstellt, und der Befugnis eines Eingriffs, die eine Instanz besitzt:

**Tab. 2.10** Kombinationen von Möglichkeiten und Befugnis zur Übernahme der Fahrzeugführung

Variante	Möglichkeit des Eingriffs, vorgegeben durch das Fahrzeugkonzept	Befugnis zum Eingreifen, die die Instanz besitzt
a)	auf allen drei Ebenen (Navigation, Bahnführung und Regelung)	auf allen drei Ebenen
b)	auf allen drei Ebenen	keine (z. B. Minderjähriger als Fahrzeugführer)
c)	keine	auf allen drei Ebenen (z. B. Fahrer auf Rücksitz, der nicht eingreifen kann)
d)	auf einer bestimmten Ebene	auf einer anderen Ebene

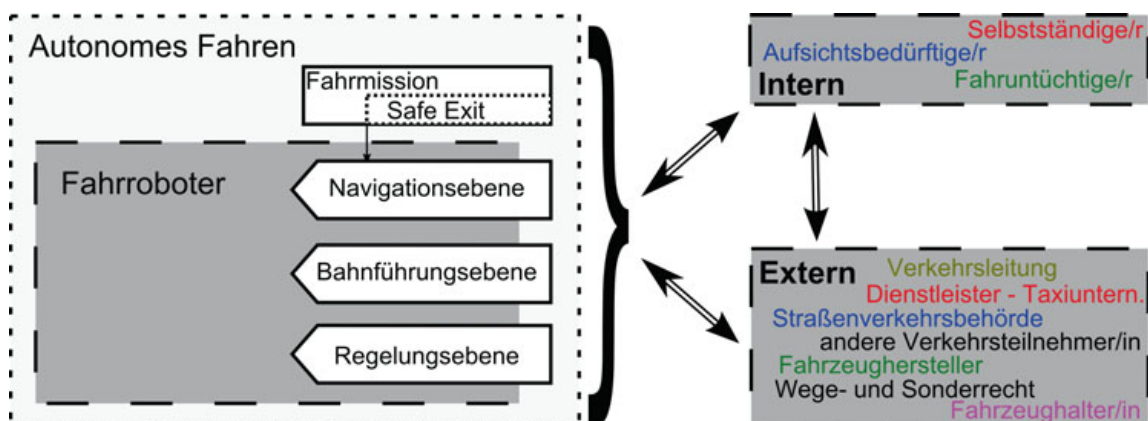
Lediglich Variante a) führt dazu, dass der Fahrroboter durch die Instanz in einer der Ebenen der Fahraufgabe beeinflusst und/oder überstimmt werden kann.

Für die Beschreibung der Use-Cases folgt daraus, dass die Instanzen aufgelistet werden, bei denen mindestens eine Befugnis mit einer angebotenen Möglichkeit durch das Fahrzeugkonzept übereinstimmt.

Zusätzlich wird angenommen, dass durch eine rechtliche Regelung der Missbrauch geahndet und somit verhindert wird. Diese Annahme wird auch bei aktuellen Fahrzeugkonzepten getroffen, weshalb Kinder beispielsweise nicht durch die Technik daran gehindert werden, ein Fahrzeug zu führen, sondern durch eine entsprechende gesetzliche Regelung in Verbindung mit der Aufsichtspflicht.

Werden die Instanzen nun gleichzeitig betrachtet und können folglich die Instanzen gleichzeitig auf den drei Ebenen der Fahraufgabe wirken, stellt sich die dritte Frage:

3. Welche Instanz ist im Konfliktfall des gleichzeitigen Eingriffs dominant und wie ist die Rangordnung zwischen den Instanzen definiert? (s. Abb. 2.9)



**Abb. 2.9** Eingriffskonflikt zwischen Instanzen bei der Ausführung der Fahraufgabe

Um diese Frage für die Beschreibung der Use-Cases zu beantworten, muss der Eingriff der Instanzen mit einer Priorität belegt werden. Welche Instanz dominiert die anderen und bestimmt damit das Fahrzeugverhalten auf den unterschiedlichen Ebenen der Fahraufgabe? Eine Rangordnung der Instanzen ist bei der Fahrzeugauslegung zu implementieren. Dabei ist zu beachten, dass zusätzlich zu der Rangordnung zwischen den Instanzen auch eine Rangordnung zwischen den Ebenen der Fahraufgabe existiert: Die Regelung überstimmt immer die Bahnführung und die Bahnführung immer die Navigationsebene; deshalb ist zusätzlich definiert, dass nur auf einer Ebene durch *Intern* oder *Extern* eingegriffen werden kann. Die Instanz mit der höchsten Priorität unterbindet die anderen Eingriffe.

Mithilfe des autonomen Fahrens besteht die Möglichkeit, dass ausschließlich Personen befördert werden, die nicht die Fähigkeit besitzen, die Fahraufgabe auszuführen oder die Fahrmission zu ändern. Um einem Insassen aber immer die Möglichkeit zu geben, auf schnellstem Weg sicher auszusteigen, ist der Safe-Exit als besondere Fahrmission eingeführt. Bekommt der Insasse auf den Safe-Exit Zugriff mit der höchsten Priorität, kann er zwar das Fahrtziel nicht unbedingt ändern, aber möglichst schnell das Fahrzeug verlassen.

---

## 2.5 Grundlegende Definitionen

Grundlegende Begriffe, die zur Beschreibung der Use-Cases verwendet wurden, sind im Folgenden definiert.

**Assistiert:** Automatisierungsgrad 1 nach Bast [1]: „Fahrer führt dauerhaft entweder die Quer- oder die Längsführung aus. Die jeweils andere Fahraufgabe wird in gewissen Grenzen vom System ausgeführt.“

- Der Fahrer muss das System dauerhaft überwachen.
- Der Fahrer muss jederzeit zur vollständigen Übernahme der Fahrzeugführung bereit sein.“

**Autonomes Fahren:** Die Fahraufgabe nach Donges [3] wird „vollautomatisiert“ ausgeführt. Diese Definition wird erweitert um die Annahme, dass die Ausführung der Fahraufgabe auf Basis maschinell autonomen Verhaltens, innerhalb eines vorher festgelegten Verhaltensrahmens, geschieht.

**Autonomes Fahrzeug:** Das Fahrzeug ist mit einem Fahrroboter ausgestattet und besitzt deshalb die Möglichkeit, autonom zu fahren. Welche Bereiche dieses autonome Fahrzeug abdeckt, ist nicht definiert.

**Bahnführen:** Laut Donges besteht die Bahnführungsaufgabe „(...) im Wesentlichen darin, aus der vorausliegenden Verkehrssituation sowie aufgrund des geplanten Fahrtablaufs die als sinnvoll erachteten Führungsgrößen wie Sollspur und Sollgeschwindigkeit

abzuleiten und antizipatorisch im Sinn einer Steuerung (open loop control) einzugreifen, um günstige Vorbedingungen für möglichst geringe Abweichungen zwischen Führungs- und Istgrößen zu schaffen“. [3]

**Driver-Only:** Automatisierungsgrad 0 nach BASt [1]: „Fahrer führt dauerhaft (während der gesamten Fahrt) die Längsführung (Beschleunigen/Verzögern) und die Quersführung (Lenken) aus.“

**Dynamische Elemente:** Dynamische Elemente sind nach Geyer et al. [5] temporal oder spatial variable Elemente wie andere Verkehrsteilnehmer, Zustände von Lichtsignalanlagen, Licht- und Wetterbedingungen.

**Einsatzbereich:** Ein durch die Szenerie explizit und durch die erlaubte Geschwindigkeit implizit spezifizierter räumlicher und/oder zeitlicher Bereich, in dem das Fahrzeug autonom durch den Einsatz des Fahrroboters bewegt werden kann.

**Einsatzgrenze<sup>1</sup>:** Die Einsatzgrenze ist explizit durch die Szenerie und implizit z. B. durch eine Geschwindigkeit spezifiziert und somit eine vorhersehbare Grenzlinie, an der die Fahraufgabe übergeben wird.

**Exklusiv-autonomes Fahrzeug** (autonomous-only vehicle): Ein Fahrzeug, das alle Strecken, für die es als Fahrzeug spezifiziert ist, von Start bis Ziel autonom fährt. Diese Definition geht über die Unterteilung des Automatisierungsgrads des Fahrens (BASt [1]) hinaus und beschreibt das Fahrzeug an sich.

**Fahrer:** Der Fahrer ist der (geschlechtsneutral gemeinte) fahrerführende Mensch ohne weitere Spezifikation der Fahrfähigkeit, also innerhalb der Bandbreite der Menschen, die eine Fahrerlaubnis besitzen. Er ist das Subjekt der Autonomie bei nicht vollautomatisiertem Fahren.

**Fahrmission:** Die Fahrmission beschreibt die Fahrt vom Start zum Ziel als Ausführung einer Transportaufgabe.

**Fahrroboter:** Der Fahrroboter ist die Implementation der maschinellen (Fahr-)Fähigkeiten. Der Fahrroboter besteht aus Hardware-Komponenten (Sensoren, Prozessoren und Aktoren) und Software-Elementen. Er agiert als Hard- und Software analog zur Rolle des Fahrers in heutigen Fahrzeugen als Subjekt<sup>2</sup>. (Die Begriffsbildung für dieses System ist nicht abgeschlossen.)

**Funktionsgrenze<sup>3</sup>:** Eine im erlaubten Einsatzbereich auftretende, nicht im Detail vorhersehbare Bedingung, die einer Fortsetzung der autonomen Fahrt entgegensteht. Auch wenn die Grenze nicht vorhersehbar ist, erkennt sie der Fahrroboter dennoch frühzeitig.

**Maschinelle (Fahr-)Fähigkeiten:** Mit den maschinellen (Fahr-)Fähigkeiten sind die Fähigkeiten der Perzeption, Kognition, Verhaltensentscheidung und die Verhaltensausführung gemeint.

1 Die Einsatzgrenze entspricht der Systemgrenze Kategorie 1 der BASt-Betrachtung [1].

2 „A system which is capable of taking decisions depending on sensor data processed internally has additional degrees of freedom as compared to one with direct sensor data to actuator feedback or one without any capability of control actuation. The former one is termed a ‘subject’, the last one an ‘object’ (...)“[4]

3 Die Funktionsgrenze entspricht der Systemgrenze Kategorie 2 der BASt-Betrachtung [1].

**Navigieren:** Nach Donges umfasst das Navigieren „(...) die Auswahl einer geeigneten Fahrtroute aus dem zur Verfügung stehenden Straßennetz sowie eine Abschätzung des voraussichtlichen Zeitbedarfs. Wenn Informationen über aktuelle Störeinflüsse wie z. B. Unfälle, Baustellen oder Verkehrsstauungen vorliegen, kann eine veränderte Routenplanung erforderlich werden.“ [3]

**Safe-Exit:** Der Safe-Exit ist eine besondere Fahrmission. Diese überführt das Fahrzeug auf schnellstem Weg in einen Zustand, der es dem Insassen ermöglicht, das Fahrzeug sicher zu verlassen.

**Situation:** Eine eindeutige Definition des Begriffs Situation für die Use-Case-Beschreibung steht noch aus. Insbesondere ist zwischen einer „objektiven, allwissenden Situation(-beschreibung)“ und einer „subjektiven, projektiven Situation(-beschreibung)“ zu unterscheiden.

**Stabilisieren:** Als Erfüllung der Stabilisierungsaufgabe hat nach Donges „(...) der Fahrer durch entsprechende korrigierende Stelleingriffe dafür zu sorgen, dass im geschlossenen Regelkreis (closed loop control) die Regelabweichungen stabilisiert und auf ein für den Fahrer annehmbares Maß kompensiert werden.“ [3]

**Szene:** Die Szene, definiert nach Geyer et al. [5], besteht aus der Szenerie, dynamischen Elementen und optionalen Fahranweisungen. Eine Szene startet entweder mit dem Ende der vorherigen Szene oder –im Fall der ersten Szene – mit einer definierten Startszene. In einer Szene sind alle Elemente, deren Verhalten und die Position des Ego-Fahrzeugs definiert. Die dynamischen Elemente ändern in einer Szene ihren Zustand.

**Szenerie:** Unter dem Begriff der Szenerie nach Geyer et al. [5] wird die statische Umgebung des Fahrzeugs verstanden. Damit sind u. a. die Geometrie von vordefinierten Straßentypen, die Anzahl an Fahrstreifen, der Straßenverlauf, die Position von Verkehrszeichen und Lichtsignalanlagen sowie weitere statische Objekte, wie z. B. Baustelleneinrichtungen sowie natürliche (z. B. Sträucher und Bäume) oder künstliche Gebilde (z. B. Häuser, Wände) gemeint.

**Transportaufgabe:** Die Transportaufgabe beschreibt den Transport eines definierten Transportgegenstandes (Fahrzeug, Ladegut, Passagier usw.) von einem Startort zu einem Zielort. Beispiele für Transportaufgaben sind ein Fahrzeug zu parken oder einen Passagier zu einem gewünschten Zielort zu bringen.

**Vollautomatisiert:** Automatisierungsgrad 4 nach Bast [1]: „Das System übernimmt Quer- und Längsführung vollständig in einem definierten Anwendungsfall.“

- Der Fahrer muss das System dabei nicht überwachen.
- Vor dem Verlassen des Anwendungsfalles fordert das System den Fahrer mit ausreichender Zeitreserve zur Übernahme der Fahraufgabe auf.
- Erfolgt dies nicht, wird in den risikominimalen Systemzustand zurückgeführt.

Systemgrenzen werden alle vom System erkannt, das System ist in allen Situationen in der Lage, in den risikominimalen Systemzustand zurückzuführen.“



**Vollautonomes Fahrzeug:** Ein solches Fahrzeug kann auf gleichem Niveau wie „Driver-only“-Fahrzeuge nahezu alle Strecken autonom fahren. Diese Definition geht über die Unterteilung des Automatisierungsgrads des Fahrens (BASt [1]) hinaus und beschreibt das Fahrzeug an sich.

---

## Literatur

1. Gasser, T.M., Arzt, C., Ayoubi, M., Bartels, A., Bürkle, L., Eier, J., Flemisch, F., Häcker, D., Hesse, T., Huber, W., Lotz, C., Maurer, M., Ruth-Schumacher, S., Schwarz, J., Vogt, W.: Rechtsfolgen zunehmender Fahrzeugautomatisierung. Gemeinsamer Schlussbericht der Projektgruppe. Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen – Fahrzeugtechnik (F), vol. 83. Wirtschaftsverl. NW Verl. für neue Wissenschaft, Bremerhaven, 2012
2. Anlehnung an das Autonomieverständnis nach Kant interpretiert durch Feil, E.: Autonomie und Heteronomie nach Kant. Zur Klärung einer signifikanten Fehlinterpretation. In: Freiburger Zeitschrift für Philosophie und Theologie, 29/1–3, 1982, S. 389–441 (abgedruckt in Feil, E. Antithetik neuzeitlicher Vernunft. „Autonomie – Heteronomie“ und „rational – irrational“, Göttingen 1, Teil I, S. 25–112)
3. Donges, E.: Fahrerverhaltensmodelle. In: Winner, H. et al.: Handbuch Fahrerassistenzsysteme. 2. Auflage, S. 15–23, Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 2012
4. Dickmanns, E.D.: Subject-object discrimination in 4D dynamic scene interpretation for machine vision. In: [1989] Proceedings. Workshop on Visual Motion, Irvine, CA, USA, 20–22 March 1989, pp. 298–304. doi: 10.1109/WVM.1989.47122
5. Geyer, S.; Baltzer, M.; Franz, B.; Hakuli, S.; Kauer, M.; Kienle, M.; Meier, S.; Weißgerber, T.; Bengler, K.; Bruder, R.; Flemisch, F. O.; Winner, H.: Concept and Development of a Unified Ontology for Generating Test and Use-Case Catalogues for Assisted and Automated Vehicle Guidance. IET Intelligent Transport Systems. Zur Veröffentlichung angenommen. 2013
6. Kempen, B.: Fahrerassistenz und Wiener Weltabkommen. In: 3. Sachverständigentag von TÜV und DEKRA: Mehr Sicherheit durch moderne Technologien, 25./26. Februar 2008 in Berlin
7. Kategorien der Verkehrswege für den Kfz-Verkehr (3.4.1) aus den Richtlinien für integrierte Netzgestaltung Ausgabe 2008
8. Löper, C.; Flemisch, F.: Ein Baustein für hochautomatisiertes Fahren: Kooperative, manöverbasierte Automation in den Projekten H-Mode und HAVEit. 6. Workshop Fahrerassistenzsysteme in Höblinsülz, 2009

# Human and Machine

J. Christian Gerdes

The very act of driving conjures a range of strong and very human emotions. Whether it is the feeling of freedom that the mobility of the car provides, the frustration of being stuck in traffic, the panic when realizing a potential collision looms or the joy of an open road with a favorite song on the radio, driving is a human experience. With automated vehicles, however, that experience changes – both for passengers in the automated car and other road users who have to walk or drive alongside it as part of the social experience of traffic. The car ceases to be simply an extension of its human driver and becomes an agent in its own right, navigating through the highways and rules of human society. Given the sometimes uneasy relationship between humans and machines, what will these new interactions between humans and machines look like?

Fabian Kroeger sets the stage for this discussion by showing what our cultural heritage reflects about our views of automation. In his chapter, *Das automatisierte Fahren im gesellschaftsgeschichtlichen und kulturwissenschaftlichen Kontext*, he details the long history of automated vehicle concepts and their treatment in media, beginning with Utopian visions of the benefits of such technology. His chapter traces the path from this early optimism towards the more cautionary themes found in recent film depictions of our automated future. This frames a central question running through the remaining chapters – how can the challenges of human-machine interaction be overcome to realize the promise of this technology?

A key aspect of that interaction is how automated cars will conform to the ethical standards of the human world in which they operate. Patrick Lin opens this topic with an overall discussion of *Why Ethics Matters for Autonomous Cars*. Even with the best technology imaginable, sometimes crashes will be unavoidable for automated vehicles that share the road with human drivers and programmers must decide what to do when presented with such dilemma situations. As Lin shows, such decisions raise issues of equity, discrimination and unintended consequences that must be thoughtfully considered. Christian Gerdes and Sarah Thornton take the programming aspect of this discussion a step further with *Implementable Ethics for Automated Vehicles*. Mapping philosophical concepts to engineering

concepts, they demonstrate how different approaches to ethical reasoning can be turned into algorithms that make decisions for automated vehicles. The correct choice of an ethical framework for automated vehicles is far from obvious, however, and they argue that there are benefits to taking a more deontological, or rule-based, approach to dilemma situations and a more consequentialist, or outcome-based approach to operating in traffic.

Interactions in traffic and societal acceptance depend not only upon the programming in the automated vehicles but how the automated vehicles are understood – or misunderstood – by the people around them. Ingo Wolf, in his chapter *Wechselwirkung Mensch und autonomer Agent*, discusses the psychological concept of a mental model and how such models can be critical in defining human interactions with automated systems. He outlines several possible mental models for interactions between humans and automated vehicles and, using the results of an online survey, shows which are closest to current perceptions of this technology.

This section concludes with a look at the specific challenge presented by the informal communication channels that humans use to interpret the intentions to other road users or signal their own intentions. Berthold Färber demonstrates the importance of nonverbal communication such as eye contact and gesture in his chapter *Kommunikationsprobleme zwischen autonomen Fahrzeugen und menschlichen Fahrern*. This raises a range of questions such as how eye contact with someone in the driver seat of an automated vehicle who is not actually driving may be interpreted and what possibilities for new communication modalities might exist.

---

# Das automatisierte Fahren im gesellschaftsgeschichtlichen und kultur- wissenschaftlichen Kontext

# 3

Fabian Kröger

## Inhaltsverzeichnis

<b>3.1</b>	<b>Einleitung</b> .....	42
<b>3.2</b>	<b>Frühe Flugzeug- und Radiotechniken legen die Grundlagen</b> .....	43
<b>3.3</b>	<b>Die technischen Anfänge: fahrerlos, aber nicht selbst steuernd</b> .....	44
<b>3.4</b>	<b>Zwischen Wunderbarem und Unheimlichem</b> .....	45
<b>3.5</b>	<b>Erst ein fahrerloses Auto ist ein sicheres Auto</b> .....	46
<b>3.6</b>	<b>Die Leitdrahtvision wird zum utopischen Leitbild</b> .....	47
<b>3.7</b>	<b>Der selbst gesteuerte Verkehr im Futurama von General Motors</b> .....	49
<b>3.8</b>	<b>Die Ästhetisierung der Leitdrahtvision</b> .....	50
<b>3.9</b>	<b>Die Inszenierung der Familie im selbst steuernden Fahrzeug</b> .....	52
<b>3.10</b>	<b>Das Interstate-System und der Traum vom Magic Highway</b> .....	53
<b>3.11</b>	<b>Die technische Realisierung der Leitdrahtvision und ihre bildliche Vermittlung</b> ...	54
<b>3.12</b>	<b>Die Cruise Control als Nebenprodukt der Technik-Utopie</b> .....	56

---

F. Kröger (✉)

CNRS, ENS, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, Institut d'histoire moderne et contemporaine (IHMC), Equipe d'histoire des techniques, Frankreich  
fabian.kroger@gmail.com

<b>3.13 Die unheimliche Verlebendigung der Maschine</b> .....	57
<b>3.14 Das fahrerlose Automobil im Film</b> .....	57
<b>3.15 Vom freundlichen Helfer zur Killermaschine</b> .....	58
<b>3.16 Das Aufkommen der Mikroelektronik und die Abkehr von der Leitkabelkonzeption</b> .....	59
<b>3.17 Knight Rider und die Bordelektronik</b> .....	60
<b>3.18 Autonome Fahrzeuge im Science Fiction-Film</b> .....	61
<b>3.19 Das Ende des Fluchtwagens im Vollautomaten ohne Interface</b> .....	61
<b>3.20 Die Wahl des Steuerungsmodus per Stimme oder Knopfdruck</b> .....	62
<b>3.21 Warum die Fernsteuerung weniger Angst macht</b> .....	63
<b>3.22 Zusammenfassung und Ausblick</b> .....	64
3.22.1 Bereitet uns Siri auf Iris vor? .....	65
<b>Literatur</b> .....	65
<b>Filmografie</b> .....	67

---

## 3.1 Einleitung

Die Faszination des automobilen Autonomieversprechens basiert historisch vor allem auf der Kontrolle des menschlichen Fahrers über Gaspedal, Lenkrad und Bremse. Das Lenken eines Autos sei der einzige Bereich, „wo dem Machtrausch und der Erfindungsgabe noch ein freier Raum“ verbleibe, beobachtete der Semiotologe Roland Barthes 1963 ([3], S. 241). Auch der Soziologe Henri Lefebvre betonte, das Automobil sei das letzte Refugium von Zufällen und Risiko in einer zunehmend kontrollierten und verwalteten Gesellschaft ([19], S. 103).

Hinter diesem Risiko verbirgt sich jedoch nicht nur die Freiheit, es drohen auch tödliche Unfälle. In diesem Sinne „teilt und konterkariert“ das Automobil „die Utopien der Moderne“, hebt die Kulturwissenschaftlerin Käthe Meyer-Drawe hervor ([23], S. 111f.).

Neben das Phantasma des selbst lenkenden Menschen tritt deshalb schon früh der Traum des sich selbst steuernden Autos, das uns ohne Unfall zum gewünschten Ziel bringt. Erstaunlich ist, dass die Realisierung dieser Wunschfantasie seit fast 100 Jahren immer 20 Jahre entfernt geblieben ist ([42], S. 14). Zwischen einem Automobil, das von einem Fahrer gesteuert wird, und einem Automobil, das einen Passagier transportiert, besteht offenbar nicht nur ein technologischer, sondern vor allem ein kultureller Bruch. Fahrerlose Fahrzeuge bevölkern in erster Linie das Imaginäre der Technik, ihre Geschichte ist vor allem eine Bildgeschichte.

Der folgende Beitrag zeichnet einige der zentralen Elemente der fast hundertjährigen Bild- und Technikgeschichte des fahrerlosen Automobils aus einer kulturwissenschaftlichen Perspektive nach (vgl. auch [18]). Im Zentrum des Interesses steht dabei das Verhältnis von technischen und bildlichen Entwürfen, von industriellen Forschungsprojekten und kulturellen Imaginationen. Es wird gezeigt, wie sich die Logik des automatischen Automobils als fantastisches Objekt zwischen Wunderbarem und Unheimlichem entfaltet.<sup>1</sup>

---

### 3.2 Frühe Flugzeug- und Radiotechniken legen die Grundlagen

Die Geschichte des fahrerlosen Automobils beginnt Anfang des 20. Jahrhunderts in den USA. Zu dieser Zeit wurde der starke Anstieg tödlicher Verkehrsunfälle zu einem immer größeren gesellschaftlichen Problem. Die Massenmotorisierung hatte in den USA schon in den 1920er-Jahren begonnen – drei Jahrzehnte früher als in Europa. Allein in den ersten vier Jahren nach dem Ersten Weltkrieg wurden mehr US-Amerikaner bei Autounfällen getötet, als zuvor in Frankreich gefallen waren ([27], S. 25). Insgesamt führte der motorisierte Straßenverkehr in den 1920er-Jahren zum Unfalltod von etwa 200.000 US-Bürgern, die weitaus größte Zahl davon waren Fußgänger ([27], S. 21).

Das Fehlverhalten der Autofahrer wurde als Hauptunfallursache ausgemacht. Dass Infrastruktur und Fahrzeugkonstruktion ebenfalls entscheidende Faktoren der Unfallausprägung und -schwere sind, wurde erst wenig in Rechnung gestellt. Die Idee einer maschinellen Substitution menschlicher Fehleranfälligkeiten drängte sich also geradezu auf.

Zu den materiellen Bedingungen, die ein unfallfreies, sich selbst steuerndes Automobil überhaupt erst denkbar machten, gehörten zwei neue technische Entwicklungen aus dem Bereich der Luftfahrt und der Radiotechnik:

Als Erstes stellte Lawrence B. Sperry (1892–1923) im französischen Bezons nahe Paris im Juni 1914 den ersten gyroskopischen *Airplane Stabilizer* für Flugzeuge vor, der heute als erster Autopilot gilt. Vor den Augen staunender Zuschauer stieg sein Mechaniker während des Fluges auf den rechten Flügel, während Sperry im Cockpit aufstand und seine Hände über den Kopf hob. Das System basierte auf dem Gyrokompass, den sein Vater Elmer A. Sperry (1860–1930) erfunden hatte ([6], S. 183). Es balancierte das Flugzeug automatisch aus, nahm dem Piloten allerdings noch nicht völlig das Steuern ab. John Hays Hammond (1888–1965) stellte etwa zur gleichen Zeit ein System zur automatischen Kursstabilisierung vor. Die Erfindungen von Sperry und Hammond bereiteten der Kommerzialisierung des Autopiloten den Weg ([7], S. 1253 ff.; [13], S. 1258 ff.).

Zweitens stellte der Beginn der Radiotechnik eine der technischen Voraussetzungen dar, um ein selbst steuerndes Automobil realisieren zu können. Die neue Wissenschaft der *Radioguidance* befasste sich mit der Fernsteuerung beweglicher Mechanismen mittels

---

<sup>1</sup> Die Bezeichnungen selbst steuerndes, automatisches und autonomes Fahrzeug werden hier synonym verwendet.

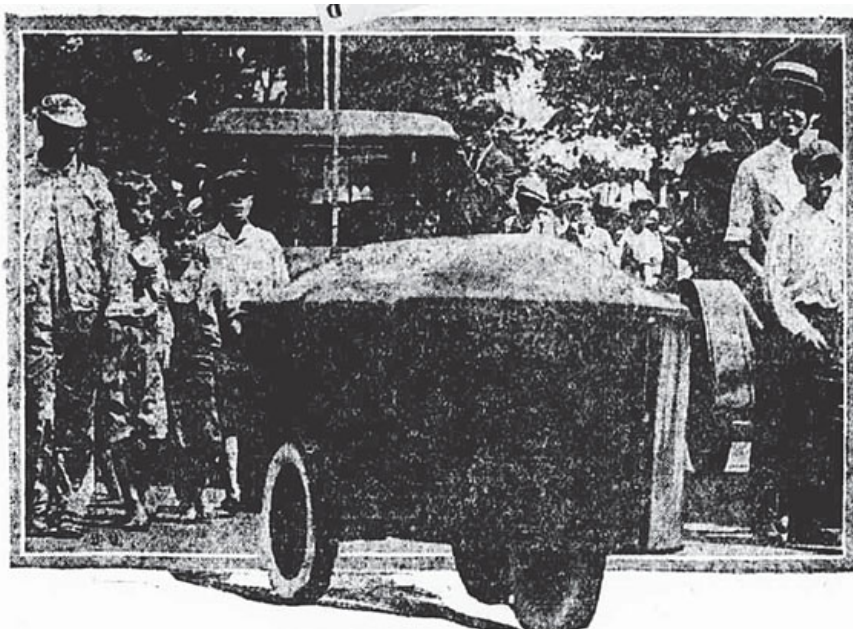
Funkwellen ([12], S. 171). Entwickelt wurde diese Technologie u. a. vom US-Militär, das mit ferngesteuerten Torpedos, Schiffen und Flugzeugen experimentierte.

### 3.3 Die technischen Anfänge: fahrerlos, aber nicht selbst steuernd

Diese Pionierarbeiten führten zum ersten fahrerlosen Automobil, das die Ingenieure des Radio Air Service auf dem McCook-Luftwaffentestgelände in Dayton, Ohio, am 5. August 1921 der Öffentlichkeit vorstellten.

Das 2,5 Meter lange Gefährt (s. Abb. 3.1) wurde per Funk aus einem 30 Meter hinter ihm fahrenden Armeelastwagen gesteuert. Genau genommen handelte es sich also noch nicht um ein autonom selbst lenkendes, sondern um ein ferngesteuertes Fahrzeug – der Fahrer befand sich lediglich außerhalb des Wagens. Festzuhalten ist hier, dass die Geschichte des fahrerlosen Automobils von Beginn an mit dem Militär als Akteur verbunden ist und dass es sich von Anfang an um eine Mediengeschichte handelt: Die Presse berichtete darüber und veröffentlichte Fotos des Prototyps [28].

1925 sorgte ein weiteres ferngesteuertes Auto namens *American Wonder* für Aufsehen, als es über den New Yorker Broadway fuhr [32].<sup>2</sup> Es war von der Firma Houdina Radio Control entwickelt worden. Auch hier spielte militärisches Know-how eine Rolle: Francis P. Houdina hatte als Elektrotechniker in der US-Armee gearbeitet. Auch das *American Wonder* wurde aus einem zweiten Fahrzeug per Funkfernsteuerung gelenkt.



**Abb. 3.1** Das erste ferngesteuerte Fahrzeug (USA 1921) (Foto aus: [33])

<sup>2</sup> Durch einen fehlerhaften OCR-Scan des TIME-Artikels wurde der Name American Wonder zu Linrrican Wonder verfälscht. Dies ist in zahlreichen Artikeln übernommen worden.



**Abb. 3.2** Ferngesteuertes Fahrzeug bei einer Safety Parade (USA 1930er-Jahre) [30]

In den 1930er-Jahren traten verschiedene Ableger dieses ferngesteuerten Automobils in der Öffentlichkeit auf. Zum einen wurde es wegen seiner aufmerksamkeitsökonomischen Qualitäten als kommerzieller Werbeträger eingesetzt. Zum anderen bekam es unter der Leitung des Funktechniklers Captain J. J. Lynch eine führende Rolle bei sogenannten *Safety Parades* (s. Abb. 3.2) für die Straßenverkehrssicherheit.

Von 1931 bis 1940 führte Lynch das ferngesteuerte Fahrzeug in 37 von 48 US-Bundesstaaten vor. 1934 zeigte er den Wagen sogar in Australien. Bremse, Lenkung und Hupe des vor ihm fahrenden Fahrzeugs betätigte er mithilfe einer Morsetaste. Der Code wurde über eine kugelförmige Antenne empfangen, es gibt aber auch Berichte über ein Kabel zwischen den Fahrzeugen. In Buffalo und auf dem Utica Airport wurde das Auto 1933 sogar von einem Flugzeug aus ferngesteuert.

Für Verkehrssicherheitskampagnen bot sich das fahrerlose Auto in geradezu idealer Weise an. Die Sicherheit des modernen Automobils hänge vom Fahrer ab, betonte Lynch anlässlich einer Fahrsicherheitskampagne. Da das fahrerlose Automobil alle Verkehrsregeln beachte, diene es den Autofahrern als Vorbild.

---

### 3.4 Zwischen Wunderbarem und Unheimlichem

Die Presse kündigte das ferngesteuerte Automobil als *phantom auto* [29], *robot car* [31] oder *magic car* [30] an. Diese Metaphern zeigen, dass das fahrerlose Automobil schon früh als fantastisches Objekt wahrgenommen wurde. Es nimmt bis heute genau jenen Platz zwischen Wunderbarem und Unheimlichem ein, den Tzvetan Todorov der phantastischen Literatur zuschrieb [39].

„Wir sausten los, ohne daß jemand das Steuerrad hielt, flitzten um Ecken, wichen andern ebenso feinen Kraftkutschen aus, niemand hupte.“ ([16], S. 7f.). Der deutsche Schriftsteller



Werner Illing beschreibt in seiner frühen Automatisierungsutopie *Utopolis* (1930) das Wunderbare der „geheimnisvoll von selbst lenkenden Autos“ ([16], S. 37). Wir werden in eine Gesellschaft versetzt, in welcher „der Maschinen-Automat das Werk der Hand“ ([16], S. 19) ersetzt hat – und somit auch das Steuerhandwerk. „Das Wunderbarste [sic!] daran war, daß der Wagen ... sich so benahm, als hätte er sämtliche nur denkbaren Verkehrsvorschriften auswendig gelernt.“ ([16], S. 38). Wie bei Lynchs *Safety-Shows* in den USA besteht der besondere Reiz des fahrerlosen Autos auch hier im Einhalten sozialer Normen.

Auch die technische Seite dieser literarischen Utopie wird erklärt. Jeder Wagen habe vorne ein kleines Prismenaugenauge, das mit „unauffällig in die Hauswände eingelassen(en)“ Ampeln kommuniziere. „Durch wechselnde Spiegelreflexe regulieren diese mechanischen Augen Geschwindigkeiten und Lenkung.“ [16] Auch ein Navigationssystem gibt es, das an heutige GPS-Geräte erinnert:

An Stelle des Lenkrads fand ich eine Metallplatte, in die sehr fein und deutlich der Stadtplan eingätzt war. Darüber einen nagelscharfen Zeiger. Kaum hatte ich diesen ein wenig verschoben, fuhr der Wagen an und jagte durch Straßen, die ich noch nicht kannte. ([16], S. 38)

Auf die Beschreibung des Wunderbaren selbst lenkender Automobile folgt die literarische Ausschmückung seines unheimlichen Potenzials. Der US-amerikanische Science Fiction-Autor David H. Keller beschreibt in seiner Kurzgeschichte *The Living Machine* (1935) die Erfindung eines selbstfahrenden Autos, das mit Sprachbefehlen navigiert werden kann [17]. Zunächst werden die Vorteile genannt. Die „lebendige Maschine“ habe zur Senkung der Unfallzahlen beigetragen und das Auto neuen Nutzerschichten geöffnet ([17], S. 1467):

Alte Menschen begannen, den Kontinent in ihren eigenen Autos zu überqueren. Junge Leute nutzten das fahrerlose Auto zum Petting. Blinde befanden sich zum ersten Mal in Sicherheit. Eltern konnten ihre Kinder in dem neuen Auto sicherer zur Schule schicken, als in den alten Autos mit Chauffeur.“ ([17], S. 1470, Übers. d. A.)

Die Geschichte schlägt um, als ein Mechaniker bemerkt, dass die Autos lebendig geworden sind. „Autos, außer Kontrolle, rasten die öffentlichen Straßen entlang, jagten Fußgänger, töteten kleine Kinder, überfuhren Zäune.“ ([17], S. 1473, Übers. d. A.) Dieses imaginäre Phantasma des Kontrollverlusts über die fahrerlosen Maschinen wird sich als dominantes Muster durch das 20. Jahrhundert ziehen.

---

### 3.5 Erst ein fahrerloses Auto ist ein sicheres Auto

Seinen ersten filmischen Auftritt hat das fahrerlose Automobil im US-amerikanischen Verkehrserziehungsfilm *The Safest Place* (1935). Der von General Motors (GM) in Auftrag gegebene und von Jam Handy (1886–1983) produzierte Kurzfilm zeigt ein Auto ohne Fahrer, das mustergültig die Verkehrsordnung einhält. Dieses Fahrzeug bleibt immer in der

Spur, vergisst beim Abbiegen nie zu blinken, beachtet alle Stoppzeichen und überholt nie in gefährlichen Kurven. Ähnlich hatte auch Lynch begründet, weshalb er mit fahrerlosen Fahrzeugen für Sicherheit warb.

*The Safest Place* inszeniert die Vision des selbstfahrenden Autos nicht als technisch realisierbare Möglichkeit, sondern als moralisches Denkmodell. Es ist allein der Fahrer, der in diesem Film für Unfälle verantwortlich gemacht wird. Er sei für die Sicherheit viel bedeutsamer als die Technik – gerade deshalb soll er sich wie ein Automat verhalten.

Der blinde Fleck des Films ist die Maschine: Sie wird nicht als Risikofaktor begriffen. Es bleibt ausgeblendet, dass Unfälle auch passieren, wenn der Fahrer keine Fehler macht. Dies ist nicht verwunderlich, denn damals war die Autoindustrie noch nicht davon überzeugt, Sicherheitsforschung betreiben zu müssen ([37], S. 161). Visuell bringt der Film dieses Paradox der unfehlbaren Maschine eindrucksvoll auf den Punkt: Die Kamera filmt den Innenraum des Wagens von der Rückbank aus. Wie von Geisterhand dreht sich das Lenkrad, die Vordersitze sind leer.

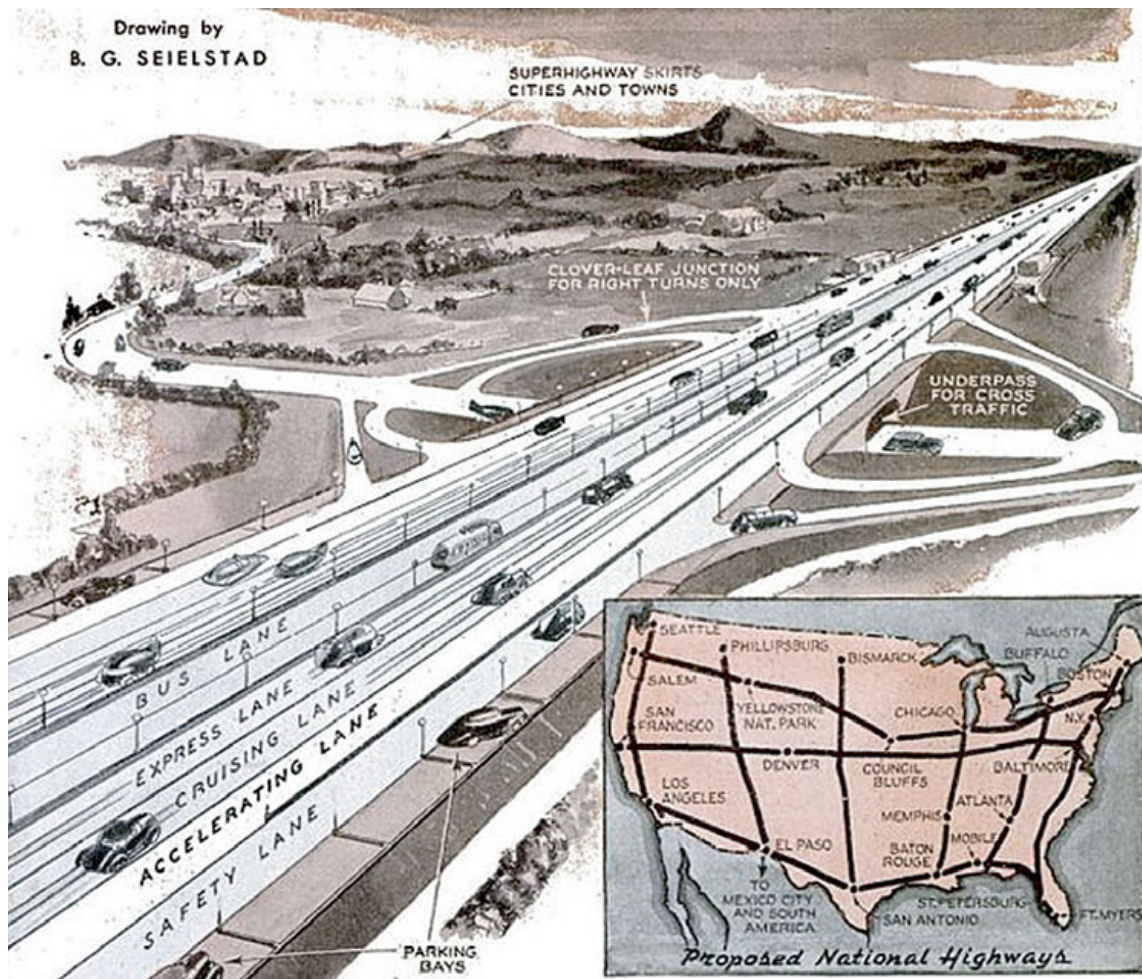
Bemerkenswert ist diese Einstellung, da sich das selbst lenkende Auto aller Fahrzeuginsassen entledigt zu haben scheint. Ihre Körper sind aus dem Wagen und aus dem Bild genommen worden. Sie sitzen nun außerhalb des Wagens im Kino, vor der Leinwand. Nur ihr Blick erlaubt es den Zuschauern, sich als visuell Reisende wieder in den Wagen hineinzuversetzen. Damit spitzt der Film den Widerspruch zwischen Sicherheit und Freiheit auf ironische Weise zu: Ist das Auto erst sicher, wenn es leer ist?

---

### 3.6 Die Leitdrahtvision wird zum utopischen Leitbild

Nicht nur literarische und filmische Fantasien kreisen um das fahrerlose Auto. Etwa zur gleichen Zeit – Mitte der 1930er-Jahre – begann die US-amerikanische Öl- und Automobilindustrie gemeinsam mit Stadtplanern, Industriedesignern, Architekten, Verkehrswissenschaftlern und Vertretern der Politik an futuristischen Entwürfen künftiger Highways zu arbeiten ([42], S. 2). Das automatische Fahren löste sich nun von den frühen Fernsteuerungsversuchen und avancierte unter dem Vorzeichen eines automatisierten Verkehrssystems zum utopischen Leitbild. Die Idee der automatisierten Straße wurde auf reale Landschaften projiziert, eine sofortige Umsetzung war aber nicht geplant. Vielmehr sollte ihre Strahlkraft dazu beitragen, das Vertrauen in den Kapitalismus wiederherzustellen. Viele US-Bürger hatten im Zuge der großen Depression den Glauben an den technologischen Fortschritt verloren. Die Elite der Planer war deshalb auf propagandistische Verstärker angewiesen, die den technischen Heilsversprechen ihren Glanz zurückgeben sollten.

Bei dieser Aufgabe spielten populärwissenschaftliche Magazine wie *Popular Science* und *Popular Mechanics* eine wichtige Rolle. Sie arbeiteten stark mit Bildern, was sie zu wertvollen Quellen für bildhistorische Analysen macht. Im Mai 1938 berichtete *Popular Science* erstmals über den automatischen Verkehr der Zukunft [26]. Der Autor stellte die sogenannte Leitdrahtvision vor, die bis in die 1970er-Jahre kulturelles Leitbild bleiben



**Abb. 3.3** Eine der ersten Abbildungen einer automatischen Autobahn (Ausschnitt, Zeichnung: B. G. Seielstad; [26], S. 28)

sollte: Alle Fahrzeuge folgten einem in die Fahrbahn versenkten elektromagnetischen Kabel, dessen Impulse Geschwindigkeit und Steuerung regulierten ([26], S. 28). Begründet wurde dieser Entwurf damit, das „Schlachten“ beenden zu müssen, das durch menschliche Fahrfehler und schlechte Straßen verursacht werde ([26], S. 118). Erstaunlicherweise sieht schon diese frühe Leitdrahtvision den Wechsel zwischen automatischer und manueller Steuerung vor ([26], S. 27).

Von besonderem Interesse ist hier die begleitende Zeichnung des Illustrators Benjamin Goodwin Seielstad (1866–1960), da sie eine utopische Bildsprache entwickelt, die über Jahrzehnte immer wieder in Zusammenhang mit dem automatischen Fahren auftauchen wird (s. Abb. 3.3).

Zunächst schauen wir aus der Vogelperspektive auf die Autobahn der Zukunft, die in einer schnurgeraden Fluchtlinie gen Horizont führt. Die weiß leuchtenden Fahrbahnen vereinigen sich am zu überschreitenden Horizont des Panoramas. In dieser Perspektive ist ein emphatischer Fortschrittspeil hin zum besseren Morgen enthalten. Der strategisch

eingesetzte Fluchtpunkt betont die Aussage dieses Bildes: Indem er sich mit dem Betrachter bewegt und somit unerreichbar ins Nirgendwo flüchtet, besitzt er eine Affinität zum Utopischen.

Des Weiteren unterstreicht der überaus hoch liegende Augenpunkt die Bedeutung des Panoramas. Der Blick auf die Autobahn scheint aus der Perspektive eines Heißluftballons zu stammen. Die visuelle Distanz unterstreicht den Entwurfscharakter dieser Vision, die wir mit Ernst Bloch eine utopische „Wunschlandschaft“ ([5], S. 935) nennen können.

*Popular Science* erläutert die im Artikel aufgezeigte Vision mit Berufung auf Miller McClintock (1894–1960), Direktor des Büros für Street Traffic Research der Harvard Universität. McClintock war einer der wichtigsten Vordenker der US-Verkehrsplanung [27]. In seiner Dissertationsschrift *Street Traffic Control* analysierte er bereits 1925 die Ursachen für Staus und Unfälle und entwickelte neue Verkehrsregeln und Straßenbaumaßnahmen [22].

Ein bedeutsamer Anstoß für das automatische Fahren kam von einer großen Mineralölgesellschaft: Im Frühjahr 1937 brachte der Mineralölkonzern Shell McClintock mit dem Stromlinienpionier Norman Bel Geddes zusammen. Für eine Shell-Werbeanzeige sollten sie gemeinsam ein Modell der *City of Tomorrow* entwerfen ([27], S. 249). Bel Geddes hatte schon 1932 in seinem Buch *Horizons* über Urbanismus und Autodesign geschrieben [4], aber erst der Shell-Auftrag brachte ihn dazu, die Vision eines automatischen Highways zu entwickeln. Im Mai 1938 gelang es Bel Geddes dann, den GM-Konzern davon zu überzeugen, das Shell-Modell für die New Yorker Weltausstellung von 1939 weiterzuentwickeln.

---

### 3.7 Der selbst gesteuerte Verkehr im Futurama von General Motors

„Strange? Fantastic? Unbelievable? Remember, this is the world of 1960!“ ([9], S. 8). Auf der World’s Fair erhielt die Utopie des fahrerlosen Automobils erstmals eine große Bühne. *Building the World of Tomorrow* lautete das Motto der Messe, die eine technologisch verbesserte Zukunft versprach, während der Alltag von wirtschaftlicher Depression und Ahnungen eines drohenden Krieges geprägt war. Die populärste Show der World’s Fair war das heute legendäre *Futurama* von GM mit seinem Modell des Verkehrs der Zukunft. Der Begriff *Futurama* ist vom griechischen *horama* (dt.: Sicht) abgeleitet. Um in die Zukunft sehen zu können, mussten die Messebesucher das von dem Architekten Albert Kahn (1869–1942) entworfene stromlinienförmige Gebäude über gebogene Rampen betreten, in deren Ästhetik neben den künftigen Superhighways die schon genannte utopische Fortschrittsbahn wiederzuerkennen war.

Im Inneren standen 552 Plüschessel bereit, die auf ein Fließband montiert waren. In ihnen schwebten die Besucher 16 Minuten lang über eine 3000 Quadratmeter große, gigantische Modelllandschaft, die Bel Geddes entworfen hatte. Das sieben Millionen Dollar teure Diorama umfasste eine halbe Million Häuser, eine Million Bäume und 50.000 Spielzeugautos ([21], S. 110; [25], S. 74). Über Lautsprecher wurde den Besuchern erläutert, was

sie unter sich sehen konnten: 10.000 animierte Modellautos, die über eine 14-spurige Autobahn rasten, verkörperten den automatischen Verkehr von Morgen, der von Radiowellen in der Spur gehalten wurde. Nur Tankstellen fehlten, sie hätten an die Abhängigkeit dieser Vision vom Öl erinnert. Auch Kirchen suchte man vergebens, denn das gesamte Futurama war bereits ein Ort der *worship*, der Huldigung eines technischen Transzendenzversprechens.

Mit dieser Inszenierung setzte Bel Geddes, der bis 1927 beim Theater gearbeitet hatte, ähnlich wie *Popular Science* auf ein Primat des Visuellen: „Einer der besten Wege, um eine Lösung jedem verständlich zu machen, besteht darin, sie zu visualisieren, zu dramatisieren“ (zit. nach [42], S. 24, Übers. d. A.). Es galt, die Wünsche der Zuschauer zu prägen und den Anspruch der Industrie auf kulturelle Hegemonie über die Zukunft zu unterstreichen. Dazu brauchte es Bilder, keine technischen Entwürfe. Das Futurama sollte den Betrachter nicht aufklären, sondern ihn einen Bildraum betreten lassen. *Wie* die Zuschauer hier die Zukunft sahen, war ebenso wichtig wie das, *was* sie sahen. Sie imitierten den „gottgleichen Blick des Piloten“, den auch die modernistischen Planer auf die chaotischen Städte warfen, im Wunsch, diese zu kontrollieren ([25], S. 77f.). Zugleich fiel die Vorstellung des Futuramas in die Zeit der Superhelden (der erste *Superman*-Comic erschien 1938), deren Aufstieg von der Erde als Rettungsallegorie aus der Depression gelesen werden kann.

Wie die automatischen Highways technisch funktionieren sollten, blieb im Gegensatz zur hochentwickelten Bildlandschaft diffus. Dieses Ungleichgewicht ist ein typisches Merkmal aller Techno-Utopien. GM gab nur die Auskunft, nicht genauer beschriebene „Experten“ würden die Autofahrer bei Spurwechseln von Kontrolltürmen aus dirigieren ([9], S. 6, 8). Offenbar sollte der Fahrer das Steuer in der Hand behalten, aber gleichzeitig einem menschlichen Anweiser gehorchen, der seine Befehle per Funk übermittelte. Tatsächlich gibt es laut James Wetmore keine Anhaltspunkte dafür, dass die Bel Geddes'schen Highways über den Modellstatus hinaus entwickelt wurden ([42], S. 5).

Trotzdem entfaltete das Futurama kulturell eine enorme Zugkraft, und dies bis heute. Schon zwei Jahre nach der Show integrierte Science Fiction-Autor Robert A. Heinlein die aus dem Futurama bekannten automatisierten Highways in seinen Roman *Methusalas Children* (1941) ([14], S. 5, 27; [34], S. 27). Die Kontrolle des automatisierten Verkehrs durch Leitzentralen wird darin sehr deutlich.

Außerdem spricht Heinlein hellichtig ein Thema an, das Ende des 20. Jahrhunderts in zahlreichen Spielfilmen auftauchen wird: Eine Flucht im Auto ist wegen der totalen Überwachung der Straßen unmöglich. Nur das Überfahren eines Zauns bei manueller Steuerung macht es den Protagonisten in Heinleins Roman möglich, von der Automatikspur auf unkontrollierte normale Straßen auszuweichen ([14], S. 27f.).

---

### 3.8 Die Ästhetisierung der Leitdrahtvision

„Why Don't We Have ... CRASH-PROOF HIGHWAYS“, fragte die populärwissenschaftliche Zeitschrift *Mechanix Illustrated* 1953 ([11], S. 58 ff., 184). Der Zweite Weltkrieg hatte den Traum vom automatischen Fahren unterbrochen. Die Automobilindustrie kon-



**Abb. 3.4** Weiterentwickeltes Panoramabild, USA 1953 ([11], S. 58)

zentrierte sich in den 1940er-Jahren auf die Produktion von Militärfahrzeugen. In der Nachkriegszeit blühte die Utopie des fahrerlosen Automobils aber wieder auf. Im Krieg waren neue Technologien entwickelt worden, die nun für zivile Zwecke genutzt werden sollten. Damit wurde die Leitdrahtvision technisch konkreter. Das automatische Fahren sollte mit Magnet-Detektoren realisiert werden, wie sie im Zweiten Weltkrieg zur Detektion von Landminen benutzt worden waren. Radartechnik – auch dies eine militärische Innovation – sollte den Abstand zum vorausfahrenden Wagen regulieren.

Mit dem aus der Vogelperspektive gezeichneten Autobahnpanorama ähnelt die den Artikel begleitende Illustration (s. Abb. 3.4) in verblüffender Weise der bereits besprochenen Zeichnung von 1938. Der Augenpunkt ist nun allerdings abgesenkt, als würde der Blick des Betrachters von einem dicht neben der Straße stehenden Gebäude fallen. Das Bild suggeriert damit, dass die Realisierung des automatischen Fahrens näher gerückt ist. Auch die Fahrzeuge sind nun deutlich detaillierter, das Karosseriedesign etwas futuristischer gezeichnet als in der Zeichnung von 1938.

Das Bild zeigt, dass sich das automatische Fahren in einer Übergangsphase zwischen alten und neuen Mobilitätskonzepten befindet. Zwar hat der Fahrer das Lenkrad losgelassen und sich zu den Passagieren im Fond gedreht. Die Beifahrerin muss jedoch ihren Arm verrenken, um mit den Freunden auf der Rückbank sprechen zu können. Der Zeichner

konnte es sich offensichtlich noch nicht erlauben, das Steuerrad ganz wegzulassen und die Vordersitze zu drehen. Außerdem wird hervorgehoben, dass der Fahrer das System zum Ausfahren aus der Magnetspur manuell übersteuern könne. Für ein vollautomatisches Fahrzeug war das Publikum offensichtlich noch nicht bereit.

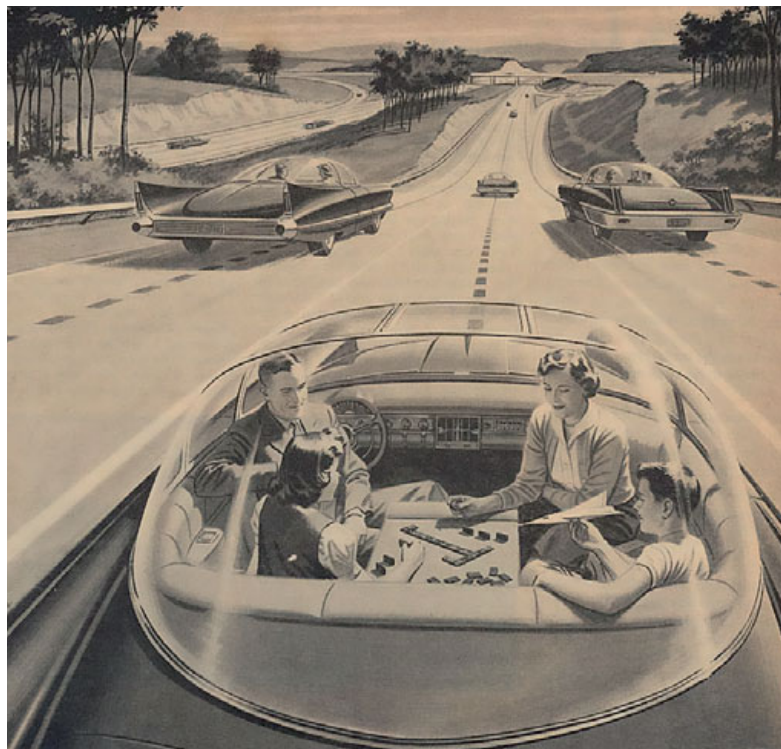
### 3.9 Die Inszenierung der Familie im selbst steuernden Fahrzeug

Americas Independent Electric Light and Power Companies schalteten 1956 im LIFE-Magazine eine Anzeige (s. Abb. 3.5), die bis heute zu den detailliertesten und ästhetisier-testen Darstellungen des autonomen Fahrens gehört.

Im Vordergrund ist eine große Limousine zu sehen, die auf der Mittelspur eines sich bis zum Horizont erstreckenden Autobahnbandes dahinrollt. Neben der Zentralperspektive ist die weitere Absenkung des Augenpunktes von großer Bedeutung. Während der Blick in den oben besprochenen Illustrationen aus großer Höhe und Entfernung geworfen wurde, befindet sich der Betrachter nun dicht hinter dem Wagen, was diese Vision in dramatischer Weise real erscheinen lässt.

Bedeutsam ist das große Glasdach, das mehr als die Hälfte des Bildes ausfüllt. Es lenkt den Blick in den Innenraum des Autos. Eine vierköpfige Familie sitzt um einen Tisch herum, als wäre das Auto ein Ersatzwohnzimmer. Alle Familienmitglieder werden den zeitgenössischen gesellschaftlichen Konventionen gemäß dargestellt. Der Vater besetzt den Fahrersitz, auch wenn er sich vom Lenkrad abgewandt hat. Mutter und Tochter spielen

**Abb. 3.5** Detaillierte Version des Panoramas [1]



Domino, während der Sohn sein Modellflugzeug betrachtet. Angegurtet scheint aber niemand zu sein, während das Auto einer gestrichelten Linie auf der kaum befahrenen Strecke folgt.

Dieses Motiv zeigt, dass Bilder automatischer Fahrzeuge in erster Linie eine ideale Oberfläche für die Inszenierung der harmonischen Kleinfamilie waren. So definierte die populäre Frauenzeitschrift *McCalls* die Idealfamilie 1954 über das gemeinschaftliche Beisammensein und das Teilen gemeinsamer Erfahrungen ([24], S. 180). Diese *family togetherness* entwickelte sich schnell zu einem nationalen Ideal. Die 1950er-Jahre können als „Goldenes Zeitalter“ der Familie bezeichnet werden, was sich vor allem am frühen Heiratsalter beider Geschlechter und der geringen Scheidungsrate festmachen lässt und als Reaktion auf die Zeit des Krieges und der Depression interpretiert werden kann: Die Familie bildete demnach einen Gegenpol zu den zunehmend anonymisierten Arbeitsumgebungen, unter denen die persönlichen Beziehungen litten ([24], S. 177 ff.). Die Anzeige zog ihre Attraktivität aus diesen sozialhistorischen Bedingungen, indem sie ein utopisches Gegenbild zur Arbeitswelt aufzeigte. Tatsächlich lautet bis in die Gegenwart eines der wichtigsten Versprechen des autonomen Fahrens, die mit dem Steuern verbrachte Zeit in gemeinsam mit der Familie verbrachte Freizeit zu verwandeln.

---

### 3.10 Das Interstate-System und der Traum vom Magic Highway

Ein Jahrzehnt nach dem Zweiten Weltkrieg, mit dem Ende des Koreakrieges, durchliefen die USA eine Zeit dramatischer Veränderungen. Die Massenkongressgesellschaft begann sich voll zu entfalten. Die Expansion des Automobilismus, schon seit den 1920er-Jahren unverzichtbarer Bestandteil des amerikanischen Lebensstils, führte nun zu einer beschleunigten Transformation des Raumes.

Bedeutsam war vor allem der Bau des überregionalen Interstate Highway Systems 1956. Walt Disneys Fernsehfilm *Magic Highway U.S.A.* (1958) von Ward Kimball ordnet dieses gigantische Autobahnprojekt in eine lineare Fortschrittsgeschichte ein. In einer Mischung aus dokumentarischen Archivaufnahmen und fiktionalen Cartoon-Animationen erzählt der Film die Geschichte der amerikanischen Straße ([40]; [38], S. 112 f.). Den negativen Folgen der Massenmotorisierung – Pannen, Unfälle, Staus – wird die Lichtgestalt des *Highway Engineer* entgegengestellt. Er wird die Straßen bauen, die alle Übel heilen werden.

Und dazu gehört das zukünftige automatische Fahren, das wie in der LIFE-Anzeige mit dem konservativen Idealbild der amerikanischen Familie kombiniert wird (*Magic Highway U.S.A.*, ab 39'00“). Dreh- und Angelpunkte sind dabei ein patriarchales Geschlechtermodell, Vollbeschäftigung und Konsum. Eine Zeichentricksequenz zeigt, wie eine Familie in ein futuristisches Auto steigt. Nachdem der Vater das Ziel auf einem Mischpult eingegeben hat, hält er per Bildtelefon eine Geschäftskonferenz ab und wird anschließend im Büro abgesetzt. Mutter und Sohn fahren ins Shoppingcenter.

Das Versprechen des automatischen Fahrens spielte auf die langen Autofahrten von den Vorstädten (*Suburbs*) in die urbanen Zentren an. Von den 13 Millionen Häusern, die von



1948 bis 1958 in den USA gebaut wurden, entstanden 85 Prozent in den Vorstädten ([24], S. 183). Für die Familien bedeutete dies meist genau das Gegenteil von *family togetherness*: Durch die Notwendigkeit, zur Arbeit zu pendeln, hatten viele Väter kaum noch Zeit, sich um ihre Familien zu kümmern ([24], S. 184). Die Ehefrauen fuhren die Kinder im Auto zur Schule, zum Musikunterricht, zum Arzt. Ihnen fehlten soziale Kontakte, ihr Leben vollzog sich in Isolation und Langeweile. Insofern zeigt der Film ein verfälschendes Bild der Arbeitsteilung zwischen den Geschlechtern, da die Reproduktionsarbeit ausgeblendet wird.

*Magic Highway U.S.A.* endet damit, dass ein automatisches Fahrzeug auf einer zentralperspektivisch angelegten Autobahn dem glutroten Sonnenuntergang entgegenfährt. Damit begegnen wir erneut der utopischen Ästhetik, die sich seit den 1930er-Jahren durch die populäre Kultur zieht. Walt Disney kommentiert diese Einstellung mit den Worten, die Straße verbinde alle Nationen, sie Sorge für „ein besseres Verständnis zwischen den Völkern der Welt“ (*Magic Highway U.S.A.*, 47‘05“ – 47‘25“, Übers. d. A.). Das automatische Fahren führe wie ein „magischer Teppich zu neuen Hoffnungen, neuen Träumen“, hin zu einem besseren Leben in der Zukunft. Selten wird deutlicher, dass Zukunftstechnologien Teil eines gesellschaftlichen Heilsversprechens sind.

---

### 3.11 Die technische Realisierung der Leitdrahtvision und ihre bildliche Vermittlung

Bisher wurde gezeigt, wie Literatur, Film und Druckmedien das fahrerlose Auto seit den 1930er-Jahren als Teil utopischer Traumlandschaften zeigten. In den 1950er-Jahren bekam dieses literarische und bildliche Technoimaginäre eine neue Dynamik, da in der Automobilindustrie Technologien entwickelt wurden, die den automatischen Verkehr möglich machen sollten.

1953 testete GM gemeinsam mit dem Elektronikhersteller Radio Company of America (RCA) zunächst ein Miniaturmodell der automatischen Straße ([42], S. 6). Das autonome Fahren wurde dann 1956 mithilfe des Konzeptcars Firebird II im Rahmen der reisenden Werbeshow „Motorama“ popularisiert. So zeigt der Begleitfilm *Key to the Future* von Michael Kidd eine im Stau stehende Familie, die singend von einer Reise in einem Firebird II träumt, der sie so viel komfortabler voranbringen würde. Von einem Kontrollturm aus lenkt ein Uniformierter den Wagen in eine automatische Expressspur. Nun folgt der Wagen dem Leitkabel, und der Vater kann das aus Flugzeugen bekannte Steuerhorn (Yoke) ins Armaturenbrett schieben. Technisch funktionierte das System zu diesem Zeitpunkt allerdings noch nicht ([42], S. 7).

Am 14. Februar 1958 absolvierte das erste *automatically guided automobile* im Technical Center von GM in Warren (Michigan) eine Teststrecke von einer Meile ([10]). Die Ingenieure hatten im Frontbereich eines 1958er Chevrolet zwei elektronische Fühler angebracht, die einem in der Straße verlegten Kabel folgten und das Steuerrad danach ausrichteten ([20], S. 76). GM stützte sich dabei auf Forschungen des Fernsehponiers Vladimir Zworykin (1888–1982).

**Abb. 3.6** Automatisches Fahren auf einer GM-Teststrecke 1958 ([20], S. 75)



Populärwissenschaftliche Zeitschriften griffen diese Versuche mit einer pluralisierten Bildstrategie auf, deren Rhetorik sich deutlich von den techno-utopischen Zeichnungen absetzte. So berichtete *Popular Science* 1958 von einer Versuchsfahrt auf der GM-Teststrecke ([20], S. 75 ff., 227). Das erste Foto zeigt eine junge Frau, die lachend das Steuer eines automatischen Wagens loslässt und ihre Hände wie der „neue Mensch“ gen Himmel hebt (s. Abb. 3.6).

Durch die Verwendung dieses ikonischen Motivs, das Sperrys freihändige Präsentation des Autopiloten im Juni 1914 zitiert und bis heute immer wieder im Kontext fahrerloser Automobile auftaucht, lässt sich das Foto eindeutig dem Wunderbaren zuordnen. Die nach oben gestreckten Hände ähneln dem Orantengestus, mit dem der Betende um göttliche Gnade bittet.

Dieser bildliche Bezug zum Numinosen wird durch zwei dem Profanen zugehörige Fotografien geerdet: Sie zeigen erstens Bauarbeiter, die ein Führungskabel in einer Straße verlegen, zweitens das Bild eines Steuerungscomputers. Die Fotografien sollen beglaubigen, dass selbst gesteuerte Autos real existieren, und setzen sich damit von der utopischen Bildästhetik ab.

Im selben Jahr (1958) stellte GM die Studie Firebird III vor, die kein Lenkrad mehr besaß. In der Mittelkonsole befand sich ein Joystick (*Unicontrol*), der alle Fahrfunktionen – Beschleunigen, Bremsen, Lenken – vereinte. Die Leitkabelvision wurde unverändert übernommen.

### 3.12 Die Cruise Control als Nebenprodukt der Technik-Utopie

Zu den utopischen Visionen, die literarisch, zeichnerisch und filmisch imaginiert wurden, und den technischen Versuchssystemen, die grafisch und fotografisch in Szene gesetzt wurden, kamen Mitte der 1950er-Jahre konkrete Anwendungen hinzu.

*Popular Science* berichtete 1954 über ein „wohlerzogenes“ Gaspedal, den von Ralph Teetor (1890–1982) entwickelten *Speed-o-Stat*. Dieser automatische Geschwindigkeitshalter und -begrenzer erfreute sich unter den Namen *Tempomat* oder *Cruise Control* bald großer Beliebtheit. Die Zeitschrift präsentierte das System als Meilenstein auf dem Weg zum automatischen Fahren und ordnete es damit in eine größere Fortschrittsbewegung ein ([35], S. 166 ff., 264; [42], S. 34). Tatsächlich verlief diese Bewegung aber umgekehrt: Mit der Entwicklung des Tempomats koppelte sich das in reduzierter und individualisierter Form automatisch fahrende Auto von der Großvision automatischer Autobahnen ab. Damit bildete der Tempomat ein Modell für die Fahrerassistenzsysteme, die das automatische Fahren heute bereits nahezu verwirklichen.

In einem *Popular Science*-Artikel von 1958 heißt es, Chrysler habe ein neues *supergadget* entwickelt, einen „Auto-Piloten“ für 86 Dollar Aufpreis ([36], S. 105 ff., 248, 250). Vom automatischen Verkehr ist nun keine Rede mehr, die utopische Vision schrumpft und kondensiert in einer Ware, die sofort verfügbar ist.

Diese neue Logik der Unmittelbarkeit manifestiert sich im begleitenden Foto (s. Abb. 3.7), das einen verchromten Drehknopf zeigt, der neben dem Tachometer am Armaturenbrett angebracht ist und der der Geschwindigkeitseinstellung dient. Zu sehen ist außerdem eine Hand: Daumen und Zeigefinger sind dabei, den Schalter zu drehen.

Diese Nahaufnahme steht am Ende einer langen bildlichen Annäherungsgeschichte an das technische Objekt, die mit den fernen Landschaftspanoramen begann. Damit lassen sich historisch aufeinander folgende Bildstufen identifizieren, die vom Abstrakten zum Konkreten, von der Zeichnung zum Foto, von der Außenaufnahme zum Innenraum, von der Gesamtschau zum Detail, vom Kollektiv zum Individuum verlaufen.

**Abb. 3.7** Einstellrad für den Auto-piloten, Chrysler 1958 ([36], S. 105)

