

Katharina Dahmen-Zimmer, Stephanie Flessa, Alf Zimmer  
Regensburg

## Wann fährt man schon 30 km/h in 30-km/h-Zonen?

### Untersuchung der Wirksamkeit unterschiedlicher Gestaltungsmaßnahmen für Tempo-30-Zonen

#### 1. EINLEITUNG

Modellierungen des Fahrverhaltens müssen von einer Interaktion zwischen dem Fahrer und den Umgebungsbedingungen ausgehen. Vorliegende Ansätze (Wilde's Theorie der Homöostase, 1982, Klebelsberg's Modell der subjektiven und objektiven Sicherheit (1977), Näätänen und Summala's Modell zu Fahrentscheidungen und -verhalten (1974), van der Molen und Böttcher's Hierarchisches Risiko-Modell (1988), Fuller's Modell der Risikovermeidung (1984)) stimmen weitgehend darin überein, daß die Adaptation des Fahrers an die jeweilige Straßenverkehrssituation von seinen Fähigkeiten, seiner Einschätzung von Gefahren und Risiken, seiner Motivationslage und seiner Interaktion mit anderen Verkehrsteilnehmern abhängt. Einschränkung gilt, daß die Modelle in ihren Definitionen (in unterschiedlichem Ausmaß) unbestimmt und allgemein bleiben und nicht validierbar, bzw. wie von wissenschaftlichen Theorien zu fordern, falsifizierbar sind (vgl. Abb. 1).

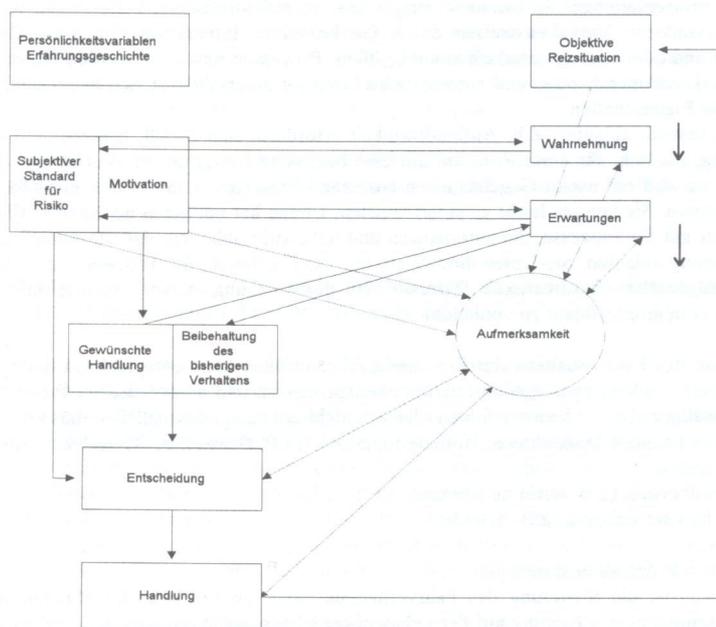


Abbildung 1: Entscheidungs- und Handlungsmodell zum Fahrverhalten (nach Näätänen & Summala, 1974)

Unter Berücksichtigung dieser Einschränkungen läßt sich aus ihnen für die Entwicklung von situativen Sicherheitskenngrößen dennoch Folgendes ableiten:

- Die objektive Sicherheit einer Straßenverkehrssituation sollte mindestens immer so groß wie die subjektive Sicherheit des Fahrers sein. Um dies zu erreichen, sollten die objektiven Risiken einer Verkehrssituation daher überstark vermittelt werden.

Dabei muß berücksichtigt werden, daß besonders in vertrauten Situationen die subjektive Risikobereitschaft des Autofahrers größer sein kann als die objektiv gegebene Sicherheit, was zu riskanten Fahrmanövern führen kann.

Dem Fahrer eines Kraftfahrzeugs muß früh eindeutige und leicht zu verarbeitende (d.h. nicht symbolische und direkt handlungsbezogene) Information über Gefährdungen gegeben werden, damit er rechtzeitig eine Entscheidung über seine Orientierung und die angemessene Geschwindigkeit treffen kann.

Alle Maßnahmen sollten so gestaltet sein, daß auch "Risikogruppen" problemlos angesprochen werden (z.B. junge Fahranfänger, ältere Autofahrer bzw. Verkehrsteilnehmer, Kinder). Der Schutz der schwächsten Verkehrsteilnehmer (Fußgänger, insbesondere Kinder und Radfahrer) sollte darüber hinaus besonders berücksichtigt werden.

Handlungs- und Fehlermodelle beruhen vor allem auf Theorien und Experimenten im Bereich der Kognitiven und Angewandten Psychologie und machen Aussagen zu Gedächtnisprozessen und Wissensrepräsentationen. Sie stimmen, ungeachtet aller theoretischen Differenzen, darin überein, daß konkrete Verhaltensweisen durch die komplexe Interaktion von kontrollierten/bewußten und/oder von automatischen/unbewußten Prozessen gesteuert werden (Reason, 1988). Aufmerksamkeitsprozesse und automatische Prozesse unterscheiden sich hauptsächlich durch folgende Eigenschaften:

Prozesse, die bewußt ablaufen, d.h. Aufmerksamkeit erfordern, sind seriell, langsam und arbeitsaufwendig. Es steht für diese Prozesse nur eine begrenzte Kapazität zur Verfügung. Sie sind wichtig, um sich mit neuen Gegebenheiten auseinanderzusetzen, können aber nicht beliebig lange andauern. Sie können leicht geändert werden, Übung hat nur einen geringen Einfluß. Demgegenüber gilt für Prozesse, die automatisch und unbewußt ablaufen, daß sie schnell und ohne Anstrengung ablaufen. Sie laufen intuitiv ab, nur die Ergebnisse des Prozesses sind dem Bewußtsein zugänglich. Automatische Prozesse sind durch Übung zu verbessern ('tuning') aber nur schwer in ihrem Ablauf zu verändern.

Eine Steuerung des Fahrverhaltens durch Sicherheitskenngrößen kann entsprechend der vorgestellten Unterscheidung zwischen Aufmerksamkeitsprozessen und automatischen Prozessen schwerpunktmäßig auf drei Ebenen erfolgen (die sich nicht unbedingt ausschließen müssen):

- direkt durch bauliche Maßnahmen, "forcing functions" (z.B. Schwellen, Kreisel statt Kreuzungen),
- vor allem unbewußt (z.B. optische Bremse),
- vor allem bewußt erfolgen (z.B. Schilder).

Für die Effektivität der Maßnahmen gilt:

Am wirksamsten ist die Steuerung des Fahrverhaltens durch direkte bauliche Maßnahmen, weniger wirksam ist eine Steuerung auf der unbewußten Ebene, am wenigsten wirksam ist die Verkehrsregulation auf der bewußten Ebene.

In Reason's Modell zur Unfallverursachung wird aufgezeigt, wie und an welchen Stellen ein Fehlermanagement zur Unfallverhinderung eingreifen kann. Es bietet die Möglichkeit, simultan

systembedingte Fehlermöglichkeiten und konkretes individuelles Verhalten zu erfassen und die Effektivität von Maßnahmen zur Erreichung eines höheren Sicherheitspotentials zu bewerten.

Für den sich bewegenden Verkehrsteilnehmer sind die stationäre Umwelt und die eigene Bewegung in ihr nur dann leicht und sicher wahrzunehmen, wenn die Gestaltung der Umwelt hinreichend stabil ist bzw. Veränderungen nicht einschleichend, sondern auffällig sind. So ist z.B. die konstante Flußgeschwindigkeit der Textur im peripheren Sehfeld eine bedeutsame Determinante für die subjektive Geschwindigkeit. Der relevante Reiz ist dabei die Winkelgeschwindigkeit der Textur: Sind die texturbestimmenden Objekte nahe an der Fahrbahn, so ist die subjektive Geschwindigkeit hoch, sind diese Objekte weiter von der Fahrbahn entfernt, sinkt die subjektive Geschwindigkeit bei gleichbleibender objektiver Geschwindigkeit; dies wird besonders deutlich beim Ausfahren aus Alleen.

Die Bewegung anderer Verkehrsteilnehmer ist dann zuverlässig und leicht wahrzunehmen, wenn sie sich zum einen als Objekte klar von dem statisch (oder zumindest als zu einem anderen Bezugssystem gehörig) wahrgenommenen Hintergrund in Farbe und Form unterscheiden, wenn des weiteren die Trajektorien einfach sind - also plötzliche Richtungs- und Geschwindigkeitsänderungen unterbleiben -, und wenn darüber hinaus beim gleichzeitigen Auftreten vieler Fahrzeuge, wie im Stadtverkehr, wenige Klassen mit homogener Bewegung gebildet werden können (Verkehrsströme, die als kohärente komplexe Objekte wahrgenommen werden).

Aufgrund der Hierarchisierung der Bezugssysteme im Wahrnehmungsfeld kann es dazu kommen, daß Verkehrsteilnehmer zwar wahrnehmbar sind, aber trotzdem nicht als relevante Reize für das eigene Verhalten registriert werden. Z.B. weil sie nur als Bewegungen innerhalb des als statisch wahrgenommenen Hintergrundes gesehen werden und nicht auf das Bezugssystem 'Verkehrsfluß' bezogen werden. Dies trifft z.B. auf Radfahrer oder Fußgänger zu, die sich hinter geparkten Fahrzeugen oder Seitenbepflanzungen bewegen, aber auch auf Kfz, die sich z.B. bei Autobahneinfahrten hinter Leitplanken bewegen.

Im Überblick betrachtet, weisen die Untersuchungen zur Auswirkung straßenbaulicher Gestaltungsmerkmale auf die Verkehrssicherheit darauf hin, daß diese einen Einfluß auf die Sicherheit des Straßenverkehrs haben.

## 2. EXPERIMENTELLE UNTERSUCHUNG ZUR BEEINFLUSSUNG DER FAHRGESCHWINDIGKEIT IN TEMPO-30KM/H ZONEN

Überhöhte bzw. unangepaßte Geschwindigkeiten spielen zum einen bei der Entstehung, zum anderen bei der Schwere von vielen Unfällen eine entscheidende Rolle (die kinetische Energie und damit Bremsweg und Verformungsenergie wachsen bekanntlich quadratisch mit der Geschwindigkeit). Situationsmerkmale, die eine der jeweiligen Verkehrslage angemessene Fahrgeschwindigkeit induzieren, stellen daher bedeutsame situative Sicherheitskenngrößen dar. Eine Veränderung der Fahrgeschwindigkeit ist ebenfalls ein Hinweis darauf, daß der Kraftfahrzeugführer die Situation subjektiv als eher sicher bzw. eher gefährlich einstuft und sich dementsprechend risikoreicher oder weniger risikoreich verhält; d.h. im Sinne der Fragestellung, ob Sicherheitskenngrößen zur Steuerung des Fahrverhaltens wirksam werden.

Ausgehend von der theoretischen Prüfung vorliegender Ansätze kann gefolgert werden, daß Laborexperimente als Methode zur Bestimmung und Validierung von situativen Sicherheitskenngrößen besonders geeignet erscheinen, da sie einerseits den Kriterien wissenschaftlichen Arbeitens, nämlich Objektivität, Reliabilität und exakter Wiederholbarkeit genügen, und den Vergleich unterschiedlicher (Alters)gruppen ermöglichen und andererseits die Einbeziehung potentiell gefährlicher Situationen ohne die reale Gefährdung von Versuchsteil-

nehmern. Zeit-, Mittel- und Personalaufwand sind geringer als in Methoden, die von einer Beobachtung von Verkehrs(konflikt)situationen ausgehen. In diesem Fall ist es aber erforderlich, daß die Generalisierbarkeit der experimentellen Daten in zusätzlichen Evaluationsstudien nachgewiesen wird. Zudem ist bei einer experimentellen Vorgehensweise eine zusätzliche Befragung der Versuchsteilnehmer empfehlenswert.

Für die Untersuchung des Fahrverhaltens von Kraftfahrzeugführern ist, wie oben ausgeführt, insbesondere die Erfassung der Geschwindigkeitsregulation in Abhängigkeit von der Verkehrssituation von Bedeutung. Demgemäß ist ein Videofahrstand vor allem für die Erfassung des Geschwindigkeitsverhaltens konzipiert worden, Lenkbewegungen bzw. Spurverhalten werden z.Z. noch nicht registriert. Der Fahrstand besteht aus einer komplett ausgestatteten Karosserie eines BMW 325i. Brems- und Gaspedal des Simulatorfahrzeugs sind mit Sensoren versehen und mit einem Meßverstärker unter der Motorhaube verbunden. Die Lenkrad- und Pedalrückstellung erfolgt nach einer realistischen Modellierung der real auftretenden Kräfte. Die Außenansicht des Fahrers wird durch Großprojektion aufgezeichneter Verkehrsszenen simuliert. Die Filmabspielgeschwindigkeit und damit die "Fahrgeschwindigkeit" kann vom "Fahrer" über den Gas- und Bremspedaldruck bis zum Stillstand diskret verändert werden; dabei werden die Pedalkräfte mittels eines auf dem Computer laufenden Fahrzeugmodells in möglichst passende Projektionsgeschwindigkeiten umgesetzt. Lenkradbewegungen haben dagegen keinen Einfluß. Die Versuchssteuerung und Datenregistrierung erfolgt mit Hilfe eines Zentralrechners (80486 DX) außerhalb des Versuchsfahrzeuges.

Ein im Rahmen einer Validierungsstudie durchgeführte Vergleich von Fahrverhalten im Feld- und im Simulatorexperiment zeigt, daß die Geschwindigkeitsregulation in der realen Verkehrssituation der Geschwindigkeitsregulation im Fahrsimulator eins zu eins entspricht. Lediglich eine additive Konstante müßte für weitere Experimente durch die entsprechende Justierung des Fahrsimulators ausgeglichen werden. Das heißt, der entwickelte Fahrsimulator kann zur Bestimmung und Validierung von situativen Sicherheitskenngrößen eingesetzt werden, weil die mit Hilfe des Fahrsimulators gewonnenen Daten des realen Verkehrsverhaltens weitestgehend entsprechen.

Entsprechend der theoretischen Bewertung von Sicherheitskenngrößen sind solche Gestaltungsmerkmale und aktuelle Straßenverkehrsbedingungen für die Sicherheit einer Situation besonders bedeutsam, die die in der Situation gefahrenen Kraftfahrzeuggeschwindigkeiten induzieren oder modifizieren. Mit erster Priorität sind daher solche Gestaltungsmerkmale untersucht worden, von denen die gefahrenen Geschwindigkeiten bzw. das Brems- und Beschleunigungsverhalten beeinflußt werden, speziell Gestaltungsmerkmale verkehrsberuhigter bzw. "Tempo 30 Zonen".

In den Ergebnissen wird insgesamt ein deutlicher Einfluß der Gestaltungsmerkmale der durchfahrenen Straßenverkehrssituationen auf die gewählten Fahrgeschwindigkeiten sichtbar. Geschwindigkeitsreduzierend wirken statische Gestaltungsmerkmale wie Fahrbahnverengungen und Versätze, aber auch rein optische Verengungen der Fahrbahn. Ebenfalls zeigen Kraftfahrer sowohl bei der Feld- wie auch bei der Simulatorfahrt eine deutliche Bremsbereitschaft vor Bodenschwellen, deren Nichtbeachtung sie vor allem selbst schädigen würde. Dagegen werden regulative Maßnahmen (Beschilderung) nur sehr kurzzeitig wirksam, nach einer vorübergehenden Verlangsamung vor dem Passieren des Verkehrszeichens wird anschließend sogar tendenziell schneller gefahren als vor der Maßnahme. Darüber hinaus werden Angaben von Höchstgeschwindigkeiten anscheinend von vielen Autofahrern als Sollvorgaben für die Mindestgeschwindigkeiten interpretiert, dementsprechend werden sie häufig überschritten. Dynamische Merkmale der Straßenverkehrssituation (z.B. das Auftreten von Fahrradfahrern) üben einen unmittelbaren Einfluß auf das Fahrverhalten aus (vgl. Abb 2).

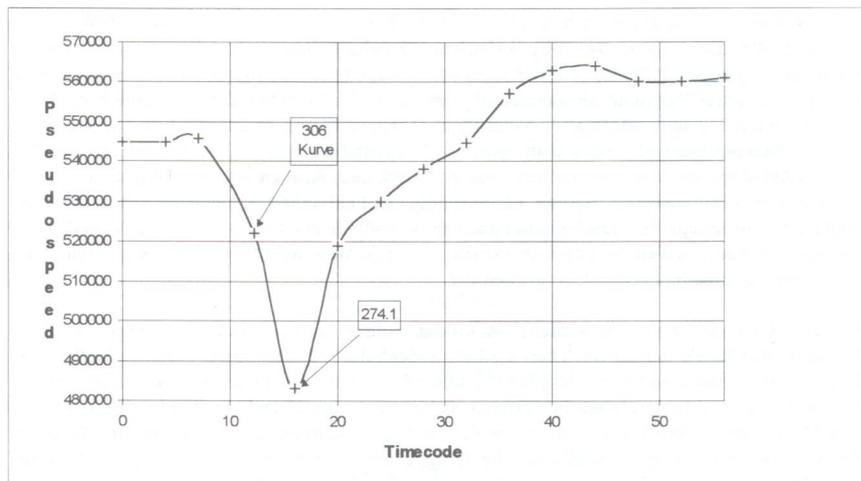


Abb. 2: Durchschnittliche Pseudo-(Simulator)Geschwindigkeit von Situation 6

Die Fahrgeschwindigkeiten der unterschiedlichen Altersgruppen weisen deutliche Unterschiede auf. Die älteren Autofahrer "fahren" im Durchschnitt in allen Situationen langsamer als jüngere Autofahrer und Autofahrer mittleren Alters, die jüngeren Autofahrer "durchfahren" alle Situationen mit höherer Geschwindigkeit als die Fahrer der anderen Altersgruppen. Besonders einige der jüngeren Autofahrer fallen durch extrem hohe Geschwindigkeiten auf (vgl. Abb. 3).

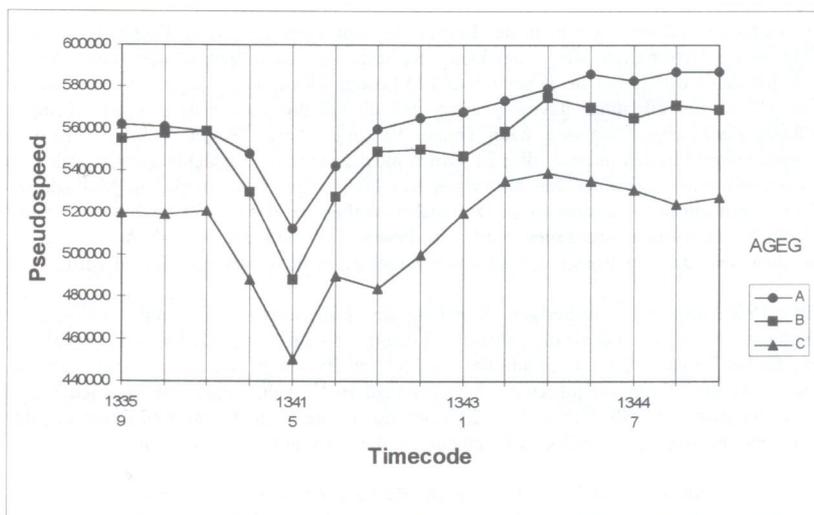


Abb. 3: Altersgruppenspezifische Durchschnittsgeschwindigkeiten von Situation 6 (A: 18-29 Jahre, B: 30-54 Jahre, C: 55-78 Jahre)

Die Ergebnisse zeigen übereinstimmend, daß die Bestimmung von Sicherheitskenngrößen allein aufgrund der Bewertung der physikalischen Gegebenheiten (z.B. der ingenieurwissenschaftlichen Vorgaben für die straßenbauliche Gestaltung) nicht ausreicht. Es ist zusätzlich erforderlich, psychologische Gesetzmäßigkeiten (z.B. die Grenzen der menschlichen Wahrnehmungsfähigkeit und Informationsverarbeitungskapazität) mit einzubeziehen. Situative Sicherheitskennzeichen sollen dazu beitragen, die Verkehrsteilnehmer in ihrer situativen Kompetenz zu unterstützen und Überforderungen zu vermeiden; Risiken sollen richtig eingeschätzt, vor allem nicht unterschätzt werden, damit mögliches Fehlverhalten minimiert wird. Da überhöhte bzw. unangepaßte Geschwindigkeiten entscheidend zur Gefährdung der Verkehrsteilnehmer beitragen, stellen Situationsmerkmale, die angemessene Fahrgeschwindigkeiten induzieren, bedeutsame Sicherheitskenngrößen dar.

Bei der Bestimmung von Sicherheitskenngrößen sollten physiologische und psychologische Verhaltensmerkmale der schwächsten Verkehrsteilnehmer (Kinder) sowie typische Verhaltensfehler (charakteristische Fahrfehler jüngerer und älterer Autofahrer) mit berücksichtigt werden. Die unter dieser Voraussetzung bewerteten Sicherheitskenngrößen betreffen in allerdings unterschiedlichem Ausmaß alle Teilnehmer der Straßenverkehrssituation, werden aus Gründen der Übersichtlichkeit aber jeweils für die Gruppe der Verkehrsteilnehmer dargestellt, deren Charakteristika hauptsächlich untersucht wurden. Durch eine umfassende Trennung der Verkehrsräume für die unterschiedlichen Straßenverkehrsteilnehmer (Fußgänger, Radfahrer, Kraftfahrer) könnte die Verkehrssicherheit vor allem für Fußgänger und Radfahrer stark erhöht werden. Entsprechende bauliche Maßnahmen lassen sich aber zum einen nur in Einzelfällen realisieren, zum zweiten sind Fußgänger und Radfahrer beim (Wieder-)Aufreten zum Beispiel an einer Kreuzung besonders gefährdet.

### 3. SCHLUBFOLGERUNGEN FÜR GESTALTUNGEN, DIE GESCHWINDIGKEITEN IM INNERSTÄDTISCHEN BEREICH REDUZIEREN

- (1) Die einfachste Lösung besteht in der Einführung von Tempo 30 km/h flächendeckend in Städten und Ortschaften, wie es der Deutsche Städtetag seit langem fordert. Diese Regelung hat den Vorteil, daß sie a) einfach und b) kostengünstig ist entgegen der Berechnung des ADAC, der allerdings davon ausgeht, daß überall dort, wo bislang keine Tempo-30km/h-Zonen eingeführt sind, dann Tempo 50 km/h - bzw. Tempo 70 km/h - Straßen ausgeschildert werden müssen; dies ist jedoch nicht zwingend. Tatsächlich ergibt sich eine Kostenersparnis gegenüber den bisherigen Beschilderungen bzw. baulichen Maßnahmen dann, wenn mit der Ausweisung an Durchfahrtsstraßen mit Tempo 50 km/h bzw. Tempo 70 km/h vorsichtig umgegangen wird. In diesem Fall muß der Ausnahmecharakter so deutlich sein, daß der Vorteil der einfachen Regelung nicht wieder aufgehoben wird.
- (2) Unter Beibehaltung der bisherigen Regelung zur Einrichtung von Tempo 30-Zonen in Wohngebieten bietet sich als die günstigste Lösung eine durchgehende bauliche Gestaltung an, die bei Tempo 30 km/h gerade das vorsichtige Passieren zweier Fahrzeuge möglich macht; stärkere Engpässe führen erfahrungsgemäß zu Verkehrskonflikten, weil jeder dort als erster passieren will. Neben der Reduktion der Breite ist auch eine Reduktion gerader Segmente notwendig, so daß kein beschleunigender „Tunneleffekt“ entsteht.
- (3) Neben der baulichen Gestaltung der Verkehrsfläche kann auch durch strukturierten, dicht angelegten Bewuchs direkt rechts und links der Fahrfläche ein deutlicher Tempominderungseffekt erreicht werden. Diese Beeinflussung durch Büsche hat gegenüber Betonkübeln und ähnlichen Objekten den Vorteil, daß im Falle eines Unfalls keine zusätzliche Gefährdung entsteht.

- (4) Wenn auf Grund der baulichen Gegebenheiten die in 2 und 3 beschriebenen Maßnahmen nicht realisierbar sind, bietet sich die Anbringung von optischen Bremsen (quer zur Fahrbahn verlaufende weiße Streifen, deren Abstände logarithmisch abnehmen) oder optische Verengungen (die Anwendung der Hering'schen Täuschung, im angelsächsischen Sprachraum auch als Chevrons bezeichnet; s. Abb. 4); diese Gestaltungsmittel haben den Vorteil, daß sie auch im peripheren Sehfeld registriert werden und über die Erhöhung der subjektiven Geschwindigkeit bzw. den Eindruck der Verengung unmittelbar in die sensorische Kette bei der Regelung eines Fahrzeugs eingreifen.



Abbildung 4: Die Hering'sche Täuschung, angewendet auf Fahrbahnmarkierungen

- (5) Die Anbringung von bildhaften Symbolen auf der Fahrbahn, z.B. die Warnung vor spielenden Kindern oder die Symbole für Schulwegmarkierung, sind nur dann wirksam, wenn a) der Figur-Hintergrund-Kontrast stark genug ist und b) die Bilder anamorphisch so verzerrt sind, daß sie den Eindruck erwecken, sie stünden senkrecht in der frontoparallelen Ebene. Von der Anbringung von Zahlenangaben oder gar Text sollte man absehen, weil dies nur in dem Teil des  $30^\circ$  Konus bewußten Sehens im Sehfeld wahrgenommen wird, auf den gerade Aufmerksamkeit gerichtet wird; Vergleiche mit anderen Informationen, z.B. Werbung auf Litfaßsäulen, hat gezeigt, daß diese Zahlen oder Texte auf der Straßenoberfläche die geringste Hinwendung von Aufmerksamkeit auslöst.
- (6) Die mit Abstand schlechteste Lösung besteht darin, daß zu Beginn einer verkehrsberuhigten Zone lediglich eine Angabe der zulässigen Höchstgeschwindigkeit steht. Damit diese überhaupt wirksam werden könnte, müßte sie a) intensiv kontrolliert werden, b) müßten Verstöße gegen die Höchstgeschwindigkeit auch konsequent geahndet werden und c) müßten die Schilder immer wiederholt werden, da sie nach Passieren ihre Verhaltenswirksamkeit verlieren, weil sie entweder vergessen oder zumindest nicht mehr im Bewußtsein gehalten werden.

Zusammenfassend läßt sich sagen, daß die Methode der Wahl die Reduktion innerstädtischer Geschwindigkeiten auf Tempo 30km/h wäre, dies würde bei Kraftfahrern wie Fußgängern und Radfahrern ein stabiles Bezugssystem für Geschwindigkeiten erzeugen und zwar in einem Bereich, der noch hinreichend genau abgeschätzt werden kann. Verkehrsflußmodelle weisen zudem darauf hin, daß innerstädtisch Tempo 30km/h zu einer Reduktion der Geschwindigkeitsvariabilität führen würde und damit zu einer besseren Kapazitätsauslastung der Verkehrsflächen.

**Literatur**

- Fuller, R. (1984). A conceptualization of driving behaviour as threat avoidance. *Ergonomics*, 11, 1139-1155.
- Näätänen, R. & Summala, H. (1976). Road user behaviour and traffic accidents. Amsterdam: North Holland.
- Reason, J. (1988). Framework models of human performance and error: a consumers guide. In L.P. Goodstein, H. Andersen & S.E. Olsen (Eds.) *Tasks, errors and mental models*. London: Taylor & Francis.
- van der Molen, H.H. & Bötticher, A.M.T. (1988). A hierarchical risk-model for traffic participants. *Ergonomics*, 31, 537-555.