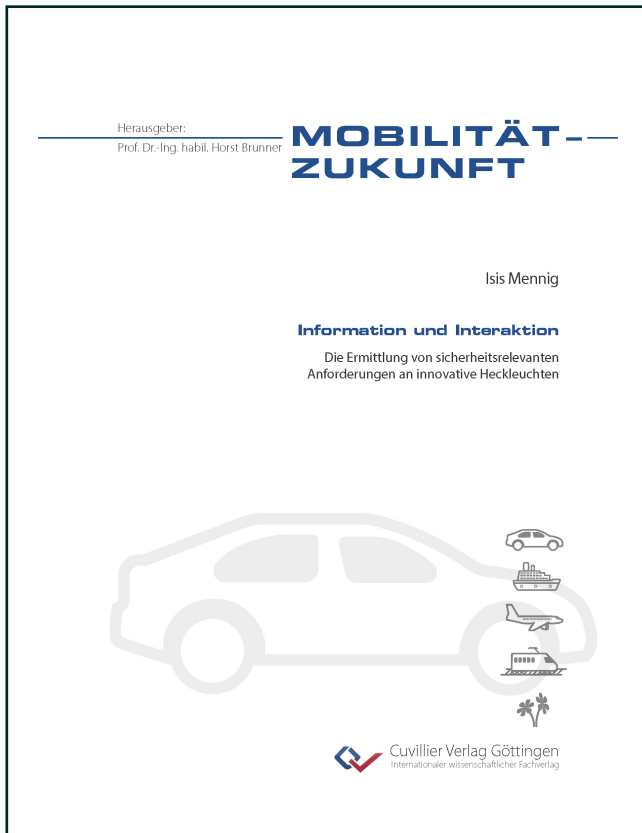




Isis Mennig (Autor)

## **Information und Interaktion**

Die Ermittlung von sicherheitsrelevanten Anforderungen an innovative Heckleuchten



<https://cuvillier.de/de/shop/publications/8812>

Copyright:

Cuvillier Verlag, Inhaberin Annette Jentsch-Cuvillier, Nonnenstieg 8, 37075 Göttingen, Germany

Telefon: +49 (0)551 54724-0, E-Mail: [info@cuvillier.de](mailto:info@cuvillier.de), Website: <https://cuvillier.de>



# 1 Einleitung

Vorsprung durch Technik. Der Slogan von Audi verrät einen hohen Anspruch an die Innovationskraft des Unternehmens. Bei der Entwicklung innovativer Produkte ist es entscheidend, die Möglichkeiten neuer Technologien so auszunutzen, dass die Anforderungen des Nutzers erfüllt werden. Dabei muss die Innovation dem Kunden und weiteren Verkehrsteilnehmern einen neuen Nutzen stiften und ihren Bedürfnissen und Ansprüchen entsprechen. Die Anforderungen an innovative Lichtsysteme sind vielschichtig und komplex und bedürfen daher einer detaillierten Analyse.

Eine Heckleuchte muss beispielsweise in jeder Situation und aus allen Betrachtungswinkeln gut für den Hinterherfahrenden erkennbar sein, ohne ihn zu blenden. Zusätzlich ist ein intuitives Verständnis für die verschiedenen Funktionen der Heckleuchte (z.B. Schlusslicht, Bremslicht, Nebelschlusslicht, Blinklicht und Rückfahrlicht) unabdingbar. Neben solchen sicherheitsrelevanten Anforderungen steht auch das Aussehen der Heckleuchten im Fokus des Kunden. Das Design einer Leuchte ist ein wichtiges, individuelles Merkmal eines Fahrzeugs, wodurch sich schon aus der Ferne verschiedene Modelle eindeutig voneinander differenzieren lassen. Um Sicherheit im Straßenverkehr gewährleisten zu können, müssen Innovationen immer die gesetzlichen Bestimmungen erfüllen und kompatibel zum aktuellen Straßenverkehr sein. So wird darauf geachtet, dass sich Heckleuchten überall auf der Welt in ihrer Funktion gleichen und intuitiv verständlich bleiben. Deshalb scheut man sich davor, ein etabliertes System, wie das der Heckleuchten grundlegend zu verändern, da die Bedeutung abstrakter Signale zunächst gelernt werden muss, um nach einiger Zeit schnelle und automatische Reaktionen hervorrufen zu können (Moore & Rumar, 1999). Eine größere Revolution in der Gestaltung von Heckleuchten, wie beispielsweise die Einführung einer hochgesetzten Bremsleuchte (siehe Kapitel 1.2.1 und 1.2.2), braucht daher gute Gründe und die neue Gestaltungsform muss auf lange Sicht überall auf der Welt eingesetzt und verstanden werden.

Ziel in der Lichtentwicklung muss daher eine innovative, allgemein akzeptierte und sicherheitsfördernde Heckleuchtengestaltung sein. Um die vielschichten Anforderungen an neuartige Heckleuchten erfüllen zu können, müssen bei der Entwicklung Ingenieure, Designer, Elektroniker und Psychologen eng zusammenarbeiten, um so die Komplexität des Themenfelds durch Interdisziplinarität lösen zu können. Das folgende Kapitel gibt einen kurzen Einblick in die wichtigsten Grundlagen des interdisziplinären Fachbereichs der automobilen Lichtentwicklung.



## 1.1 Licht

Was ist eigentlich Licht? Licht sind Wellen im elektromagnetischen Feld (Lemmer, Bahr, & Piccolo, 2017). Diese elektromagnetische Strahlung besteht aus kleinen Teilchen, sogenannten Photonen, die wiederum verschieden große Energiepakete bilden (Goldstein, 2015; Lemmer et al., 2017). Licht verhält sich somit in mancher Hinsicht wie eine Welle und in anderer Hinsicht wie ein Teilchen (Pinel & Pauli, 2007). Dabei unterscheiden sich die elektromagnetischen Wellen in ihrer Frequenz und in ihrer Energiemenge (Lemmer et al., 2017). Je kürzer die Wellenlänge von Licht ist, desto mehr Energie ist in der elektromagnetischen Welle gespeichert (Lemmer et al., 2017). Abbildung 1.1-1 gibt einen Überblick über das elektromagnetische Spektrum.

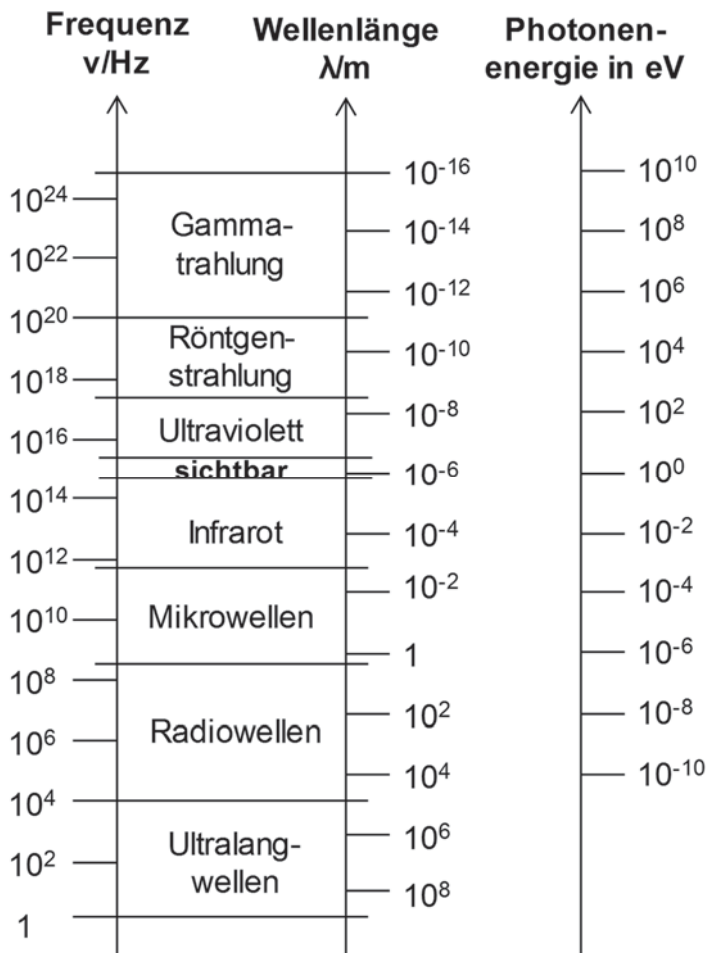


Abbildung 1.1-1. Elektromagnetisches Spektrum in Anlehnung an Demtröder (2013).

„Mit Licht wird der Bereich elektromagnetischer Strahlung bezeichnet, der im Auge eine Hellempfindung hervorrufen kann und daher sichtbar ist“ (Schlag, Petermann, Weller, & Schulze, 2009, S. 17). Der Bereich zwischen 380 nm und 780 nm des elektromagnetischen Wellenspektrums entspricht der für den Menschen sichtbaren



Strahlung (Witting, 2014). Genau genommen ist dabei nicht das Licht sichtbar, sondern das Material, auf das das Licht trifft (Witting, 2014). Die spektrale Hellempfindlichkeitskurve, auch als  $V(\lambda)$ -Kurve bezeichnet, gibt an, wie hell Strahlungen derselben Intensität, aber unterschiedlicher Wellenlängen, dem Auge erscheinen (Pinel & Pauli, 2007; Witting, 2014). Die Hellempfindlichkeit des Sehapparats ist, neben der Wellenlänge, auch vom allgemeinen Helligkeitsniveau abhängig. So verschiebt sich die  $V(\lambda)$ -Kurve für das mesopische oder Dämmerungssehen und das skotopische oder Nachtsehen jeweils etwas nach links in den Bereich niedrigerer Wellenlängen (Witting, 2014).

### 1.1.1 Lichttechnische Grundlagen

Um Licht objektiv messbar zu machen, muss eine Brücke zwischen Mensch und Physik geschlagen werden (Witting, 2014). Im Folgenden sollen die physikalischen Grundgrößen Raumwinkel, Lichtstrom, Lichtstärke, Beleuchtungsstärke und Leuchtdichte kurz beschrieben werden sowie auf die Farbtemperatur und Reflexionseigenschaften eingegangen werden. Tabelle 1.1-1 gibt einen Überblick über die Formelzeichen und Einheiten der lichttechnischen Größen.

Tabelle 1.1-1. Überblick über die lichttechnischen Größen, ihre Formelzeichen und Einheiten in Anlehnung an Carraro (2009).

Lichttechnische Größe	Einheit	Formelzeichen
Raumwinkel	Steradian (sr)	$\Omega$
Lichtstrom	Lumen (lm)	$\Phi$
Lichtstärke	Candela (cd)	$I$
Beleuchtungsstärke	Lux (lx)	$E$
Leuchtdichte	cd/m <sup>2</sup>	$L$
Farbtemperatur	Kelvin (K)	

Licht breitet sich in der Regel nie in einer Ebene, sondern in einem Raum aus (Witting, 2014). Das dreidimensionale, räumliche Gegenstück des ebenen Winkels ist der sogenannte Raumwinkel (Carraro, 2009). Der Raumwinkel hilft dabei, die Lichtausbreitung zu beschreiben und ist somit genau genommen keine lichttechnische Größe (Carraro, 2009). Um den Winkel zu berechnen, wird der Flächeninhalt  $A$  einer Kugeloberfläche durch das Quadrat des Radius  $r$  der Kugel geteilt (Witting, 2014).

Die abgestrahlte Lichtmenge wird in Lumen angegeben. Sie beschreibt wie viel Licht insgesamt, unabhängig von der Richtung, von einer Lichtquelle abgegeben



wird (Carraro, 2009; Schlag et al., 2009). Der Lichtstrom wird als die gesamte Strahlungsleistung definiert, die von einer Lichtquelle in alle Richtungen des Raumes ausgeht (Witting, 2014). In der automobilen Lichttechnik findet die Angabe des Lichtstroms seine Anwendung in der Beschreibung der Performance von Scheinwerfern (Hamm, 2017).

Die Lichtmenge, die in eine bestimmte Richtung abgegeben wird, lässt sich mit der Lichtstärke angeben. Sie berechnet sich aus dem Verhältnis von Lichtstrom und Raumwinkel (Carraro, 2009; Witting, 2014) und ist damit eine richtungsabhängige Größe (Witting, 2014). Sie gilt als Maß für die Intensität des Lichts, das von einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung in den Raum abgegeben wird (Schlag et al., 2009). Die Angabe der Lichtstärke wird für die Charakterisierung von Rückleuchten, Signalleuchten und Scheinwerfern (USA) genutzt (Hamm, 2017).

Die Beleuchtungsstärke gibt in der Maßeinheit Lux das auf eine Fläche auftretende Licht an (Witting, 2014). Sie wird durch das Verhältnis von Lichtstrom und beleuchteter Fläche beschrieben (Carraro, 2009; Witting, 2014) und nimmt mit dem Quadrat des Abstands zur Lichtquelle ab (Witting, 2014). Wie hell eine Fläche unter einem bestimmten Beobachtungswinkel erscheint, ist jedoch stark vom Reflexionsgrad des Materials abhängig, auf welches das Licht fällt. Die Beleuchtungsstärke wird zur Beschreibung der Performance von Scheinwerfern (Abblendlicht und Fernlicht) herangezogen (Hamm, 2017).

Die Leuchtdichte gilt als maßgebende Größe für den Helligkeitseindruck (Carraro, 2009). „Sie ist definiert als jener Lichtstromanteil, der in eine vorgegebene Richtung in ein Raumwinkelelement, bezogen auf die scheinbar leuchtende Fläche, einfällt“ (Witting, 2014, S. 96). Mithilfe der Leuchtdichte kann die Helligkeit und die Homogenität einer Leuchfläche am Fahrzeug beschrieben werden (Hamm, 2017).

Die Lichtstrahlung kann zusätzlich durch ihre Farbtemperatur charakterisiert werden (Witting, 2014). Die verwendete Temperaturskala ist die Kelvin-Skala. Dabei ist zu beachten, dass ein kühler Körper durch eine niedrige Farbtemperatur beschrieben wird und dabei „warmes“ (eher rötliches) Licht abstrahlt (Witting, 2014). „Kaltes“ (eher bläuliches) Licht wird durch Körper mit hoher (Farb-)Temperatur abgegeben (Witting, 2014). Strahlt eine künstliche Lichtquelle warmweißes bis weißes Licht ab, dann bedeutet dies, dass sie einen Großteil des sichtbaren Spektrums erfasst (Witting, 2014). In der automobilen Lichttechnik wird die Farbtemperatur für die Charakterisierung von Lichtquellen verwendet (Hamm, 2017).



Der Farb- und Helligkeitseindruck eines Gegenstandes hängt außerdem von den Reflexionseigenschaften der Oberfläche sowie von der Fähigkeit zur Absorption von Licht (bzw. von Wellenlängen) ab (Witting, 2014). Die Transmission ist dabei eine Größe für die Durchlässigkeit eines Materials für elektromagnetische Wellen (Witting, 2014). In Abhängigkeit des Reflexions- und Transmissionsgrades einer Oberfläche, muss eine unterschiedlich hohe Beleuchtungsstärke auftreten, damit die gleiche Helligkeit (Leuchtdichte) erzielt werden kann (Witting, 2014). Durch die Wechselwirkung von Licht mit den verschiedenen Oberflächen in unserer Umwelt erhalten wir Informationen über unsere Umgebung (Witting, 2014).

### 1.1.2 Wahrnehmungspsychologische Grundlagen

Mit den beschriebenen lichttechnischen Maßen lässt sich Licht zwar objektiv messen, doch müssen in der Lichtentwicklung auch die Empfindungen des Menschen abgebildet werden (Witting 2014). Wir nehmen mit verschiedenen Sinnen unsere Umwelt wahr. Dabei ist insbesondere unsere visuelle Wahrnehmung extrem leistungsfähig. So können mithilfe von fast einer Million Ganglienfasern ungefähr ebenso viele Informationen zeitgleich übertragen werden (Myers, 2014). Im Vergleich dazu besteht der Hörnerv aus nur etwa 30.000 Nervenfasern (Myers, 2014). „Das visuelle System fertigt [jedoch] keine genaue innere Kopie der äußeren Welt an. Es leistet viel mehr. Es erschafft aus den kleinen, verzerrten, auf dem Kopf stehenden, zweidimensionalen Netzhautbildern, die auf die visuellen Rezeptoren projiziert werden, die die Rückseite der Augen auskleiden, eine genaue, sehr detaillierte, dreidimensionale Wahrnehmung“ (Pinel & Pauli, 2007, S. 166).

So brachte die Komplexität des Auges selbst Darwin zum Staunen: „Die Annahme, dass [...] das Auge mit allen seinen der Nachahmung unerreichbaren Vorrichtungen, um den Focus den manchfaltigsten Entfernungen anzupassen, verschiedene Licht-Mengen zuzulassen und die sphärische und chromatische Abweichung zu verbessern, nur durch Natürliche Züchtung zu dem geworden seye, was es ist, scheint, ich will es offen gestehen, im höchsten Grade absurd zu seyen“ (Darwin, 1860, S. 196). Nach eingehender Analyse kam er jedoch zu dem Schluss, dass auch das Auge einer evolutionären Entwicklung unterlegen haben musste (Welsch & Liebmann, 2012).

Evolutionär betrachtet ist die älteste Form des Sehens vor 570 bis 500 Millionen Jahren entstanden und befähigte Tiere zur Unterscheidung verschiedener Helligkeiten (Goldstein, 2015). Das dichromatische Tagsehen wurde möglich, indem Pigmente gebildet wurden, die hauptsächlich im kurzwelligen Bereich und andere, die



eher im langweiligen Bereich absorbieren (Welsch & Liebmann, 2012). Diese sogenannten Sehpigmente (wie z.B. Rhodopsin in den Stäbchen der Netzhaut) sind lichtempfindliche Substanzen, die durch einfallendes Licht ihre Struktur verändern (Ansorge & Leder, 2011; Goldstein, 2015). Durch diese Isomerisierung werden elektrische Signale in den Rezeptoren erzeugt (Goldstein, 2015). Das trichromatische Farbsehen entstand erst vor 30 Millionen Jahren, durch eine weitere Aufspaltung in rot- und grünempfindliche Zapfenpigmente (Welsch & Liebmann, 2012).

Der Prozess des Sehens beginnt mit dem Licht, das auf Objekte unserer Umgebung trifft. Dabei wird das Licht von einem Gegenstand reflektiert und fällt durch die Pupille, eine Öffnung der Iris, ins Auge (Goldstein, 2015; Pinel & Pauli, 2007). Die Iris besteht aus ringförmigen kontrahierbaren Muskeln, die die eintreffende Lichtmenge regulieren (Pinel & Pauli, 2007). Die Fokussierung des Lichts auf der Retina (der Netzhaut aus Neuronen) geschieht durch die Cornea (die transparente Hornhaut mit 80 % der Brechkraft) und durch die Linse direkt hinter der Pupille (mit 20 % der Brechkraft) (Goldstein, 2015; Pinel & Pauli, 2007). Die Ziliarmuskeln regulieren die Zugkraft der sogenannten Ligamente (Zonulafasern) und wirken so auf die Form und damit wiederum auf die Brechkraft der Linse (Pinel & Pauli, 2007). Rezeptoren, Horizontalzellen, Bipolarzellen, amakrine Zellen und retinale Ganglienzellen bilden die Retina (Pinel & Pauli, 2007). Nachdem das Licht die anderen vier Schichten passiert hat, erreicht es die Rezeptorschicht und aktiviert dort die Rezeptoren (Pinel & Pauli, 2007). Durch diese visuelle Transduktion oder Phototransduktion wird das Licht in Elektrizität umgewandelt und als neuronale Botschaft wieder durch die Netzhautschichten zu den retinalen Ganglienzellen geschickt (Goldstein, 2015; Pinel & Pauli, 2007). Der Ablauf dieser ersten Wahrnehmungsschritte ist in Abbildung 1.1-2 dargestellt.

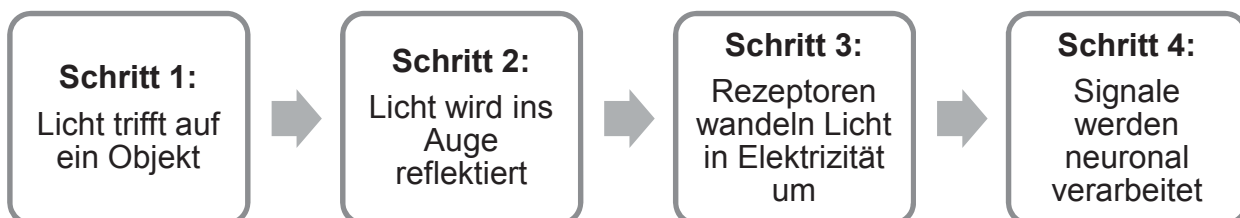


Abbildung 1.1-2. Die ersten Schritte des Wahrnehmungsprozesses in Anlehnung an Goldstein (2015).

Die Umwandlung von Lichtenergie in elektrische Energie findet in den Rezeptoren statt (Goldstein, 2015). Die Retina enthält zwei Arten von Rezeptoren: die Zapfen und die Stäbchen (siehe Tabelle 1.1-2). In dem Bereich der Fovea centralis, dem Punkt des schärfsten Sehens, sind ausschließlich Zapfen vorhanden (Goldstein, 2015;



Pinel & Pauli, 2007). Ungefähr ein Viertel des primären visuellen Cortex wird zur Analyse der Informationen aus diesem, doch nur relativ kleinen Teil der Retina, benötigt (Pinel & Pauli, 2007). In der peripheren Retina sind sowohl Zapfen als auch Stäbchen vorhanden (Goldstein, 2015). Bei ausreichender Menge an Umgebungslicht wird durch das zapfenvermittelte Sehen (skotopisches Sehen) eine detaillierte und farbige Wahrnehmung ermöglicht (Pinel & Pauli, 2007). Eine schwächere Beleuchtung kann die Zapfen jedoch nicht hinreichend erregen (Pinel & Pauli, 2007). Hierbei weisen die Stäbchen eine höhere Sensitivität auf und ermöglichen das sogenannte skotopische Sehen (Pinel & Pauli, 2007). Dieses ist allerdings weniger detailgenau und ermöglicht kein Farbsehen (Pinel & Pauli, 2007). Die elektrischen Signale verlassen das Auge über den Sehnerv und werden zum Gehirn weitergeleitet (Goldstein, 2015). An dieser Stelle der Retina, dem sogenannten blinden Fleck, befinden sich keine Rezeptoren (Goldstein, 2015).

Tabelle 1.1-2. Rezeptoren im Auge in an Anlehnung an Myers (2014).

	<b>Zapfen</b>	<b>Stäbchen</b>
<b>Anzahl</b>	6 Millionen	120 Millionen
<b>Verteilung auf der Netzhaut</b>	Zentrum	Peripherie
<b>Dämmerungsempfindlichkeit</b>	Gering	Hoch
<b>Farbempfindlichkeit</b>	Ja	Nein
<b>Detailempfindlichkeit</b>	Ja	Nein

Die unterschiedlichen Sehpigmente in den Zapfen und Stäbchen führen zu verschiedenen Wahrnehmungsleistungen (Goldstein, 2015). Ändern sich die Beleuchtungsverhältnisse, so gibt es zwei Formen der Adaption: Eine Anpassung der Pupillengröße sowie eine Anpassung über die Rezeptoren (Hagendorf, Krummenacher, Müller, & Schubert, 2011). Letzteres läuft in zwei Stufen ab: Bei einer visuellen Adaption an eine geringere Helligkeit (Dunkeladaption) sind zunächst (die ersten 3–4 Minuten) die Zapfen aktiv, bis anschließend die Stäbchen übernehmen (Hagendorf et al., 2011). Die maximale Empfindlichkeit wird bei den Stäbchen erst nach 20–30 Minuten erreicht (Hagendorf et al., 2011). Der sogenannte Kohlrausch-Knick kennzeichnet den Übergang vom Zapfen- zum Stäbchensehen (Müsseler & Rieger, 2017). Die spektrale Hellempfindlichkeit des Auges wird in Abhängigkeit des Helligkeitsniveaus in Tabelle 1.1-3 dargestellt.





Tabelle 1.1-3. Tagsehen, Dämmerungssehen und Nachtsehen in Anlehnung an Reif (2012).

Bereich	Leuchtdichte	Maximum	Aktive Rezeptoren
Tagsehen (Photopisches Sehen)	$> 10^1$ [cd/m <sup>2</sup> ]	555 [nm]	Zapfen (ca. $5 \times 10^6$ )
Dämmerungssehen (Mesopisches Sehen)	$10^1$ – $10^{-2}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	555–507 [nm]	Zapfen, Stäbchen
Nachtsehen (Skotopisches Sehen)	$< 10^{-3}$ [cd/m <sup>2</sup> ]	507 [nm]	Stäbchen (ca. $1,2 \times 10^8$ )

Das Sehen meint genau genommen lediglich eine Reaktion von Lebewesen auf Licht (Witting, 2014). Die Wahrnehmung beschreibt zusätzlich die Verarbeitung des Lichtreizes und das Ergebnis dieses Prozesses (Kirschbaum, 2008). Sie lässt sich grob in zwei Phasen aufteilen: Der Empfindung (Englisch: sensation) folgt die Wahrnehmung (Englisch: perception) (Myers, 2014; Pinel & Pauli, 2007). Die Empfindung ist ein Prozess, der dafür sorgt, dass wir einen Reiz in der Umwelt entdecken und aufnehmen können (Myers, 2014; Pinel & Pauli, 2007). Diese empfangenen Informationen werden dann integriert, erkannt und interpretiert (Myers, 2014; Pinel & Pauli, 2007). Unser sensorisches System ist hierarchisch nach der Spezifität und Komplexität seiner Funktionen aufgebaut (Pinel & Pauli, 2007). Die Informationen werden dabei parallel und auf unterschiedliche Arten im neuronalen Netzwerk verarbeitet und analysiert (Pinel & Pauli, 2007).

Es ist uns nicht möglich, alle Reize der Umwelt bewusst wahrzunehmen. Die sogenannte selektive Aufmerksamkeit sorgt dafür, dass bestimmte Reize unsere Sinne erregen und andere ignoriert werden (Pinel & Pauli, 2007). Blicksprünge, die sogenannten sakkadischen Augenbewegungen, dienen der Fixation verschiedener Objekte und stehen daher in einem engen Zusammenhang mit der Orientierung von Aufmerksamkeit (Müsseler & Rieger, 2017; Vollrath & Krems, 2011). Indem wir aus der Flut an verfügbaren Informationen eine relevante Teilmenge auswählen, können wir effektiv mit unserer Umwelt interagieren und Handlungen ausführen (Müsseler & Rieger, 2017). Dabei können wir unsere Aufmerksamkeit durch internale kognitive Prozesse gezielt auf einen Reiz fokussieren (Pinel & Pauli, 2007). Man spricht hierbei von einer endogenen Aufmerksamkeit, welche über top-down Mechanismen vermittelt wird (Pinel & Pauli, 2007). Diese konzeptgesteuerte



Informationsverarbeitung greift bei der Wahrnehmung und Rekonstruktion unserer Umwelt auf Erfahrungen und Erwartungen zurück (Myers, 2014). Aber auch die Außenwelt kann unsere Aufmerksamkeit auf sich ziehen (Pinel & Pauli, 2007). Die exogene Aufmerksamkeit wird dabei durch externale Ereignisse bottom-up vermittelt (Pinel & Pauli, 2007). Man spricht hierbei von einer datengesteuerten Informationsverarbeitung (Myers, 2014). Es werden jedoch auch Reize überwacht, die dem Bewusstsein nicht direkt zugänglich sind (Pinel & Pauli, 2007). Der sogenannte Cocktail-Party-Effekt zeigt, dass die Erwähnung des eigenen Namens in einem fremden Gespräch, dem man vermeintlich gar keine Aufmerksamkeit geschenkt hat, herausgehört werden kann (Müsseler & Rieger, 2017; Pinel & Pauli, 2007). Dies deutet darauf hin, dass eine Vielzahl von Reizen zwar durch unsere Sinnesorgane aufgenommen werden, aber die Botschaften dieser Signale nur zu einem kleinen Teil bewusst wahrgenommen werden können (Müsseler & Rieger, 2017).

„Mittels bottom-up- und top-down-gesteuerter Prozesse wird aus der Integration von Umweltwahrnehmung, Zielen und dem Vorwissen einer Person ein mentales Modell der aktuellen Situation entwickelt (Situationsbewusstsein)“ (Vollrath & Krems, 2011, S. 28). Die Wahrnehmung bildet somit die Umwelt nicht ab, sondern konstruiert aus den verfügbaren und handlungsrelevanten Informationen eine interne Repräsentation unserer wahrgenommenen Welt (Hagendorf et al., 2011). Auf Basis dieses Situationsmodells werden weitere Reize aus der Umwelt gezielt aufgenommen, analysiert und verarbeitet (Vollrath & Krems, 2011), um zielgerichtetes Handeln in der physikalischen Umwelt zu ermöglichen (Hagendorf et al., 2011; Müsseler & Rieger, 2017). So leitet das visuelle System nur bestimmte Schlüsselinformationen zum Cortex (Pinel & Pauli, 2007). Durch Ergänzungsprozesse wird beispielsweise die Farbe und Helligkeit von Oberflächen vervollständigt und muss somit bei großen Objekten nicht komplett aufgenommen werden (Pinel & Pauli, 2007). Aus den Informationen der verschiedenen Sinnesorgane wird eine interne Repräsentation erzeugt. Diese ist modalitätsunabhängig, um den verschiedenen informationsverarbeitenden kognitiven Prozessen, wie dem Denken oder der Sprache, dienen zu können (Hagendorf et al., 2011). Um die Vielfalt an möglichen Interpretationen einzugrenzen und die Informationen zu strukturieren, folgt die Konstruktion der Umwelt bestimmten Regeln und Kausalzusammenhängen (Hagendorf et al., 2011). So werden beispielsweise einzelne Elemente zu Objekten gegliedert, um eine interne Repräsentation zu konstruieren (Anderson, 2013). Dabei folgt die Wahrnehmung



bestimmten Leitlinien, die als Gestaltgesetze der Wahrnehmungsorganisation oder als Gestaltprinzipien bekannt wurden (Anderson, 2013). Dazu zählen das Prägnanzprinzip bzw. das Gesetz der guten Gestalt, das Gesetz der Ähnlichkeit, das Gesetz der Nähe, das Gesetz der Geschlossenheit, das Gesetz des guten Verlaufs und das Gesetz der Vertrautheit (Anderson, 2013; Goldstein, 2015; Hagendorf et al., 2011; Müsseler & Rieger, 2017; Myers, 2014; Raab, Unger, & Unger, 2010). Zusätzlich erfüllen unsere Sinnessysteme bestimmte Wahrnehmungskonstanzleistungen, wie die Größenkonstanz, die Formkonstanz und die Farbkonstanz (Müsseler & Rieger, 2017; Raab et al., 2010).

### 1.1.3 Die Rolle von Licht im Straßenverkehr

Das visuelle System ist von zentraler Bedeutung für das Autofahren (Schlag et al., 2009) und lässt sich kurz in der Aussage „Fahren ist Sehen“ (Vollrath & Krems, 2011, S. 29) festhalten. Es wird angenommen, dass ein Anteil von 90 % bis 96 % der verkehrsrelevanten Informationen über das Auge empfangen wird (Hills, 1980; Schlag et al., 2009; Woelk, Chmielarz, Grauberg, & Groetzner, 1988). Auch wenn sich in den genannten Quellen keine methodischen Beschreibungen über die Ermittlung dieser Prozentzahlen finden lassen, so geben die Angaben zumindest die Größenordnung, und damit die Bedeutsamkeit des visuellen Systems, wieder (Vollrath & Krems, 2011).

Die gesammelten sensorischen Informationen werden für die Bewältigung zahlreicher Fahraufgaben benötigt: Der Fahrer überwacht die aktuelle Verkehrssituation, er kontrolliert seine Quer- und Längsbeschleunigung, er analysiert Verkehrsschilder, er navigiert zu seinem Ziel, er achtet auf die Einhaltung der Verkehrsregeln, er überwacht das Verhalten anderer Verkehrsteilnehmer und kommuniziert mit ihnen (Lappe et al., 2000; Vollrath & Krems, 2011). Sowohl das foveale wie auch das periphere Sehen spielen eine bedeutende Rolle beim Fahren (Vollrath & Krems, 2011). Mittels peripherer Wahrnehmung wird die Aufmerksamkeit auf Objekte außerhalb des zentralen Blickfeldes gelenkt (Vollrath & Krems, 2011). Das zentrale Sehen erlaubt die Beobachtung der Straße mit ihrem Verlauf und Hindernissen und ist von elementarer Bedeutung für eine angemessene Geschwindigkeits- und Abstandsregulierung sowie die Gefahrenerkennung (Vollrath & Krems, 2011).

Die visuelle Informationsaufnahme beim Fahren wird durch bestimmte Filterungsprozesse beeinflusst (Schlag et al., 2009). Dabei unterscheidet man zwischen drei Arten von Filtern: physikalische, perzeptive und kognitive Filter (siehe Tabelle 1.1-4).