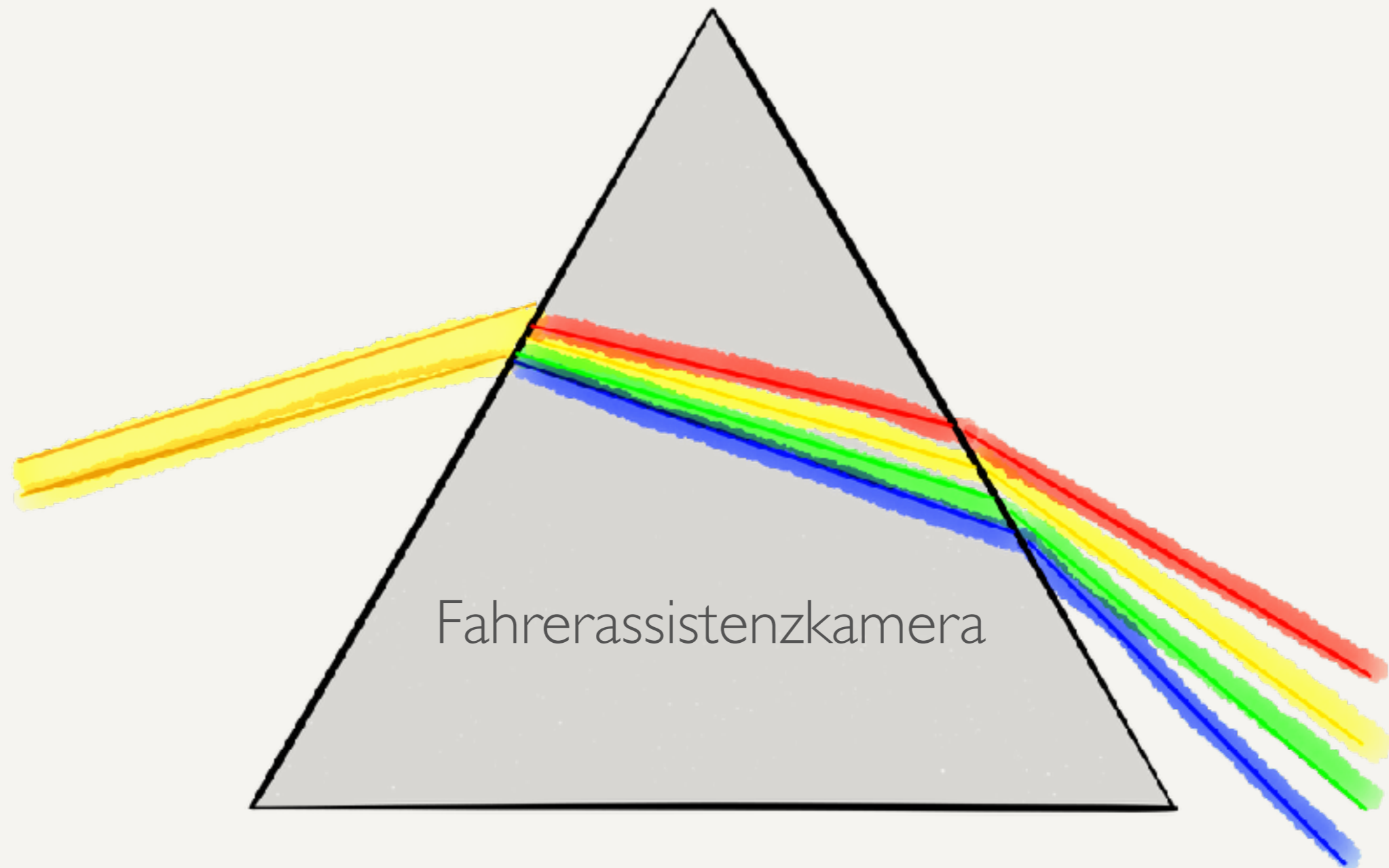


Photonik

Technische Nutzung von Licht



Überblick Fahrerassistenz-Kamera

- Überblick über Entwicklung eines Produktes in der Automobil-Industrie
- Optik-Eigenschaften von Fahrerassistenz-Kameras
- Typen von Fahrerassistenz-Kameras und Funktionen

Entwicklung in der Automobil- Industrie

Automobil-Entwicklung

Schwerpunkt:
Fahrerassistenzkameras

- Lastenheft und Spezifikationen
- Klimaprüfungen
- Qualitätsprozesse
- Testfahrten



<http://www.kostal.com/german/2-01-01-08.html>

Lastenheft und Spezifikation

- **Lastenheft** beschreibt die Anforderungen des Kunden:
 - ▶ Funktionalität
 - ▶ Vorgehensweise (Prozesse)
 - ▶ Randbedingungen
- Muss vom Lieferanten (Tier I) eingehalten werden
- **Technische Spezifikation** beschreibt die Fähigkeiten des Produkts vom Zulieferer
 - ▶ Arbeitsbereich
 - ▶ Schnittstellenbeschreibung (mechanisch, elektrisch, optisch)
- Muss vom Kunden (OEM) eingehalten werden.

Geschäftsgrundlage und Bestandteil der vertraglichen Vereinbarungen

Klima-Prüfungen

- Lebensdauersimulation durch künstliche Alterung (Stress):
 - ▶ Thermisch
 - ▶ Elektrisch
 - ▶ Mechanisch
- Damit soll sicher gestellt werden, dass das Produkt überall auf der Welt für die gesamte Lebensdauer funktioniert.
- Temperaturwechsel
- Temperaturschock
- Feuchtigkeit
- Kombinierte Temperatur-Feuchte-Zyklen
- Unter- und Überspannung
- EMV und ESD
- Vibrationen
- Auf Boden werfen
- Mit Cola überschütten
- Mit Staub vollblasen

Zeitaufwand Klimaprüfungen

- Temperaturwechsel werden gerne mit vielen Wiederholungen (Zyklen) durchgeführt.
- Nehmen Sie an:
 - 300 Voll-Zyklen
 - Halbe Stunde Haltezeit je bei T_{\min} und T_{\max} .
 - 20min Rampe
- Wie lange läuft der gesamte Versuch?

Qualität: ISO/TS 16949

- Norm zur Qualitätssicherung von Produkten in der Automobilbranche
 - Definiert, wie der Zulieferer sein Produkt entwickeln, produzieren und prüfen muss.
 - Riese Anzahl an Prozessen, die eingehalten werden müssen.
 - Dient auch zur Zertifizierung von Unternehmen.
 - Sehr hoher Aufwand um für Millionen von Stückzahlen über Jahre hinweg konstante Qualität zu erhalten.
- Beispiele:
- Fehleranalyse (8d-Report)
 - Prüfmaß (serienbegleitende Prüfung relevanter Größen)
 - Kontrollplan und Produktions- / Warenfluss

Testfahrten

- Spezifisch für Fahrerassistenz-Kameras, weil die Interaktion mit der ganzen Welt geprüft werden muss.
 - Muss in allen Ländern der Welt getestet werden, in denen der Kunde (OEM) das Fahrzeug verkauft.
 - Extrem zeit- und kostenintensiv
- Tags und nachts
 - Dämmerung morgens und abends
 - Direktes Sonnenlicht und Bewölkung
 - Hohe und niedrige Geschwindigkeit
 - Viel und wenig Verkehr
 - Andere Verkehrsteilnehmer: Pkw, Lkw, Motorräder, Fahrradfahrer und Fußgänger
 - Stadt, Landstraße, Autobahn
 - Baustellen
 - Regen, Hagel, Graupel, Schnee, Nebel
 - Kurvig oder grade
 - Bergig, hügelig oder flach
 - Schmale und breite Straße
 - Einspurig und vierspurig
 - ...

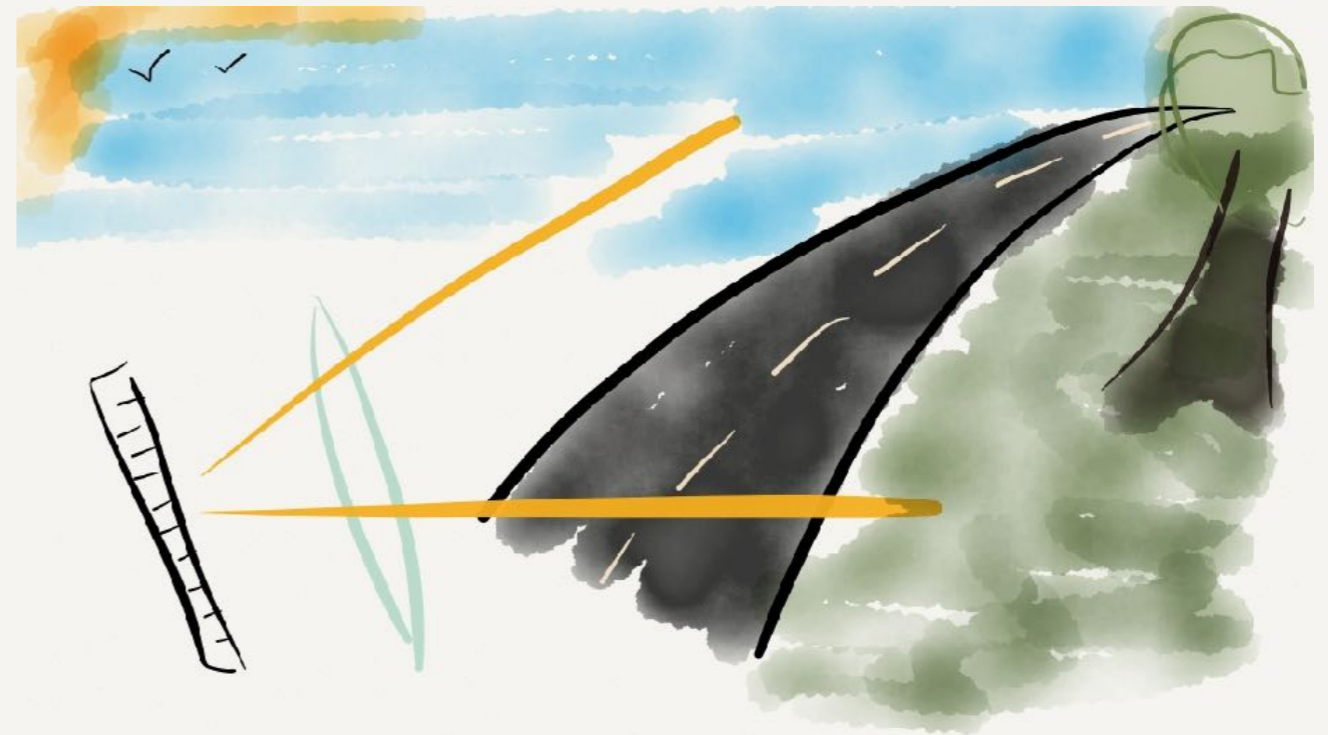
Optische Eigenschaften

Fahrerassistenz-Kamera



Fahrerassistenz-Kamera

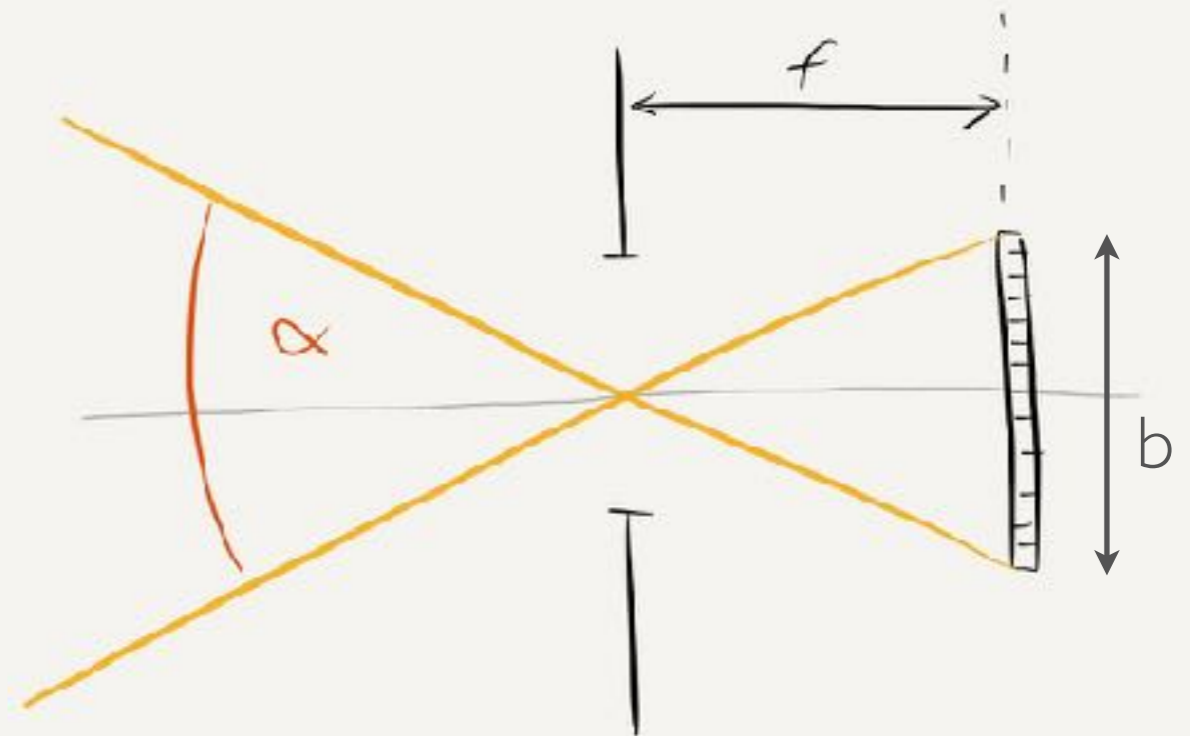
- Perspektivische Abbildung einer 3d-Welt auf einen 2d-Bildaufnehmer
- Kann keine Entfernungen messen
- Typische Sensorgröße: VGA (640 x 480 Pixel)
- Kleiner Bauraum erwünscht
- Hohe Dynamik (Tag / Nacht)
- Hohe Geschwindigkeit



Blickfeld

- Das Blickfeld ist die Winkelangabe, welcher Bereich der Außenwelt erfasst wird.
- Berechnen Sie das Blickfeld als Kombination von Sensorgröße b und Brennweite f :

$$\alpha = 2 \cdot \arctan \frac{b}{2f}$$



Aufgaben

- Welches Blickfeld hat Ihr Smartphone? Behelfen Sie sich mit den Unterlagen von letzter Woche und einer kurzen Internet-Recherche.
- Welches Blickfeld hat eine Fahrerassistenz-Kamera bei folgenden Daten:
 - Brennweite 6mm
 - 752px mal 640px
 - Pixelgröße 6 μ m.
- Schätzen Sie ab welches Blickfeld für eine gute Schilderererkennung benötigt wird.

Lochkamera

- Umgekehrt wird aus der Bildinformation auf Positionen (genauer: Richtungen) externer Objekte geschlossen.
- Hierzu wird ein Lochkamera-Modell angenommen.
- Ihr Kunde wünscht, dass auf 100m zwei Objekte mit einem Abstand von 10cm sauber aufgelöst werden können. Geht das mit der Kamera von eben?

Fluchtpunkt

<http://www.panoramio.com/photo/31530086?tag=Fluchtpunkt>

- Zwei parallele Strahlen (z.B. eine Straßenmarkierung) einer perspektivischen Abbildung treffen sich im **Fluchtpunkt** (engl. *focus of expansion*).
- Wichtiger Referenzpunkt für die Bildverarbeitung:
 - ▶ Gibt die Bewegungsrichtung an
 - ▶ Liegt auf dem Horizont.



<http://www.mactechnews.de/gallery/picture/Tote-Autobahn-73420.html>

Transmission der Windschutzscheibe

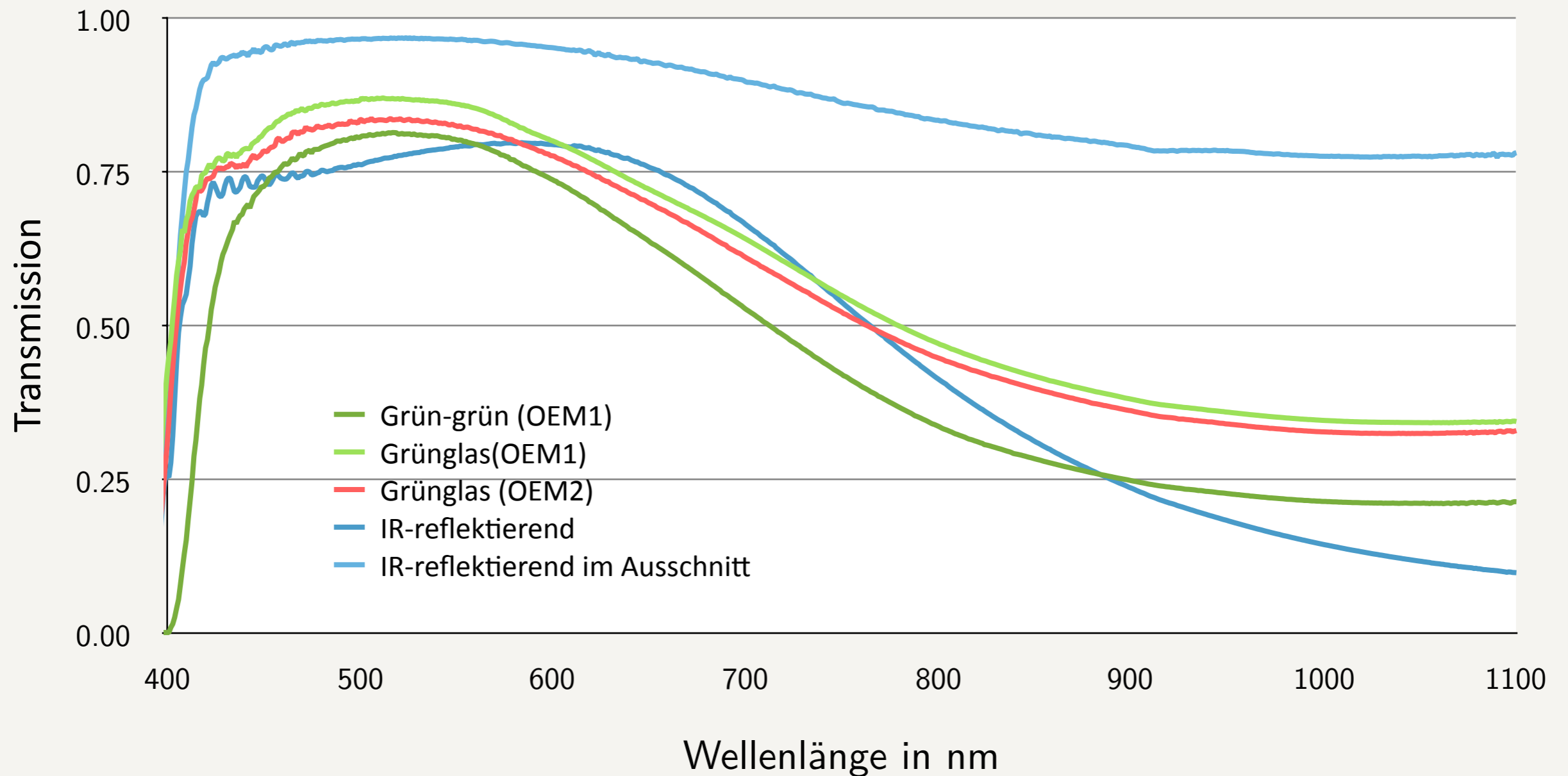
- Verbundglas-Scheiben
- Kombinationen von Klarglas- und Grünglas-Scheibe
- Funktionsgebende Folie
 - ▶ IR-absorbierend
 - ▶ Akustisch dämmend
 - ▶ Head-up Display: mit Winkel
- Ausschnitte möglich für Kamera oder andere Sensorik
- Unterschiedliche Transmission führt zu anderem optischen Verhalten.



Beispiel: 5mm-Scheibe

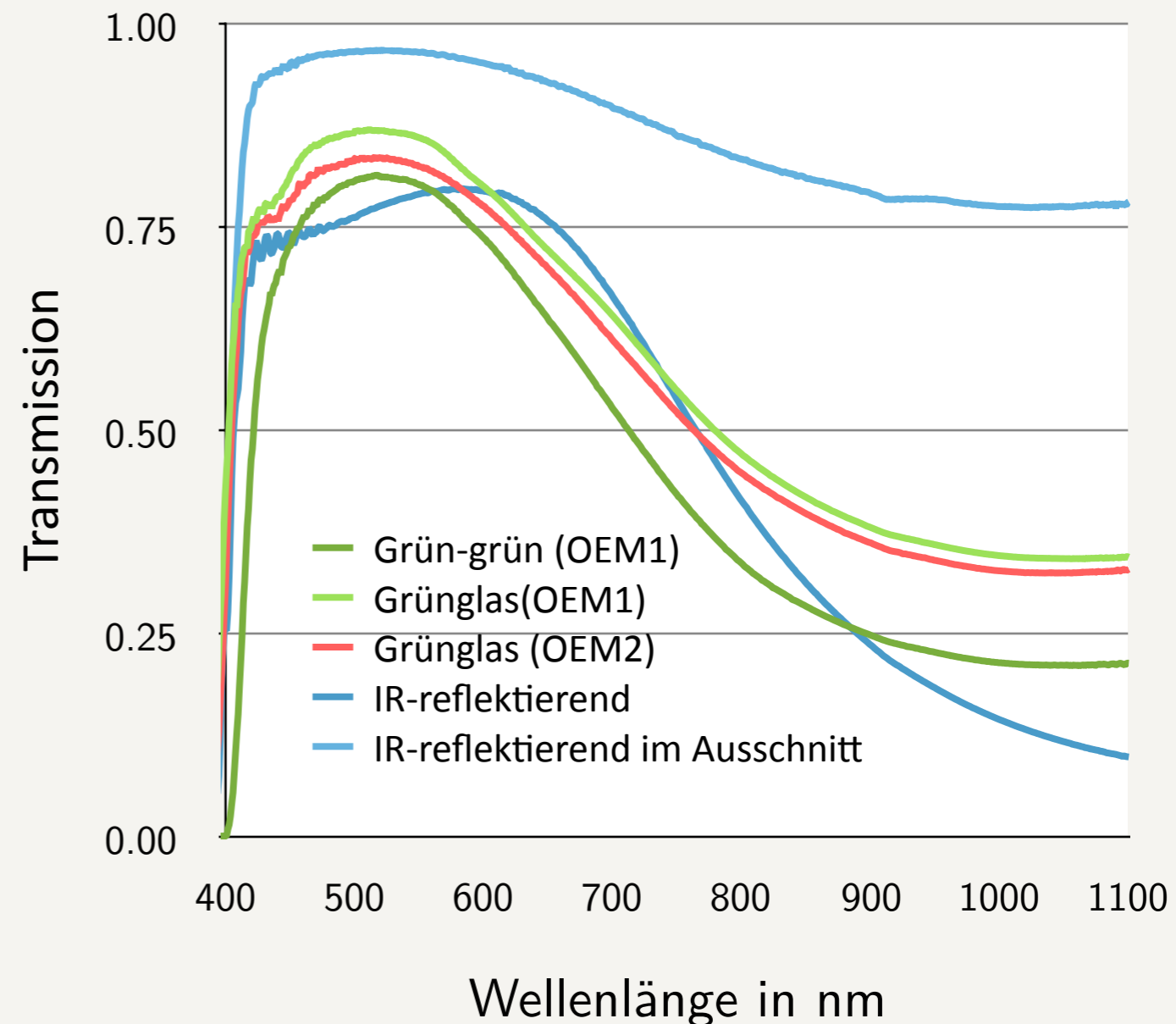
4.96mm \pm 0.2mm

Transmissionsspektren



Transmissionsspektren

- Welchen Unterschied machen die Spektren bei der Signalverarbeitung?
- Die relativen Intensitäten der einzelnen Farben verschieben sich!
- Ein IR-Sperrfilter reduziert das empfangene Spektrum und nivelliert die Unterschiede.



Funktionen

Frontblickende Kamera

- Fernlichtassistent
- Fahrspurassistent
 - ▶ Warnung
 - ▶ Spur halten
- Objekterkennung
 - ▶ Schilder
 - ▶ Personen
 - ▶ Fahrzeuge
- Notbremsassistent



<http://www.kostal.com/german/2-01-01-08.html>

Fernlichtassistent

<http://www.mobileye.com/technology/applications/head-lamp-control/>

- Kamera erkennt Lichtquellen im Bild und kategorisiert diese:
 - ▶ Fahrzeug (Front / Heck)
 - ▶ Lichtquellen (Lampen, Ampeln, Häuser, etc.)
 - ▶ Eigenreflexionen (an Schildern)
- Je nach Situation kann das Fernlicht angeschaltet werden oder muss trotz Lichtquelle angeschaltet bleiben.

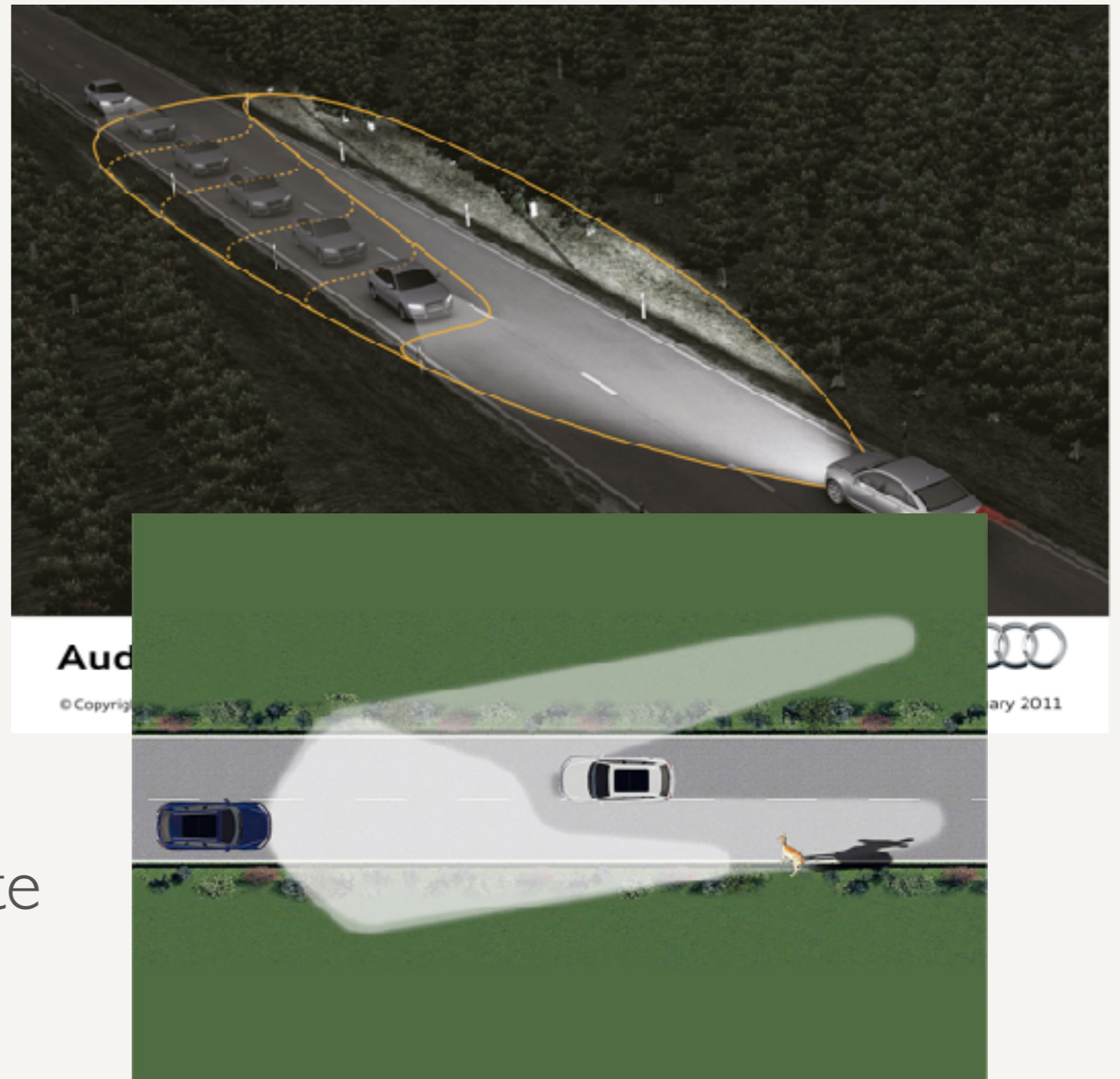


<http://www.autopressnews.com/2005/2005csm/m08eng/bmw2/highbeamassist.shtml>

Fernlichtassistent

Typen

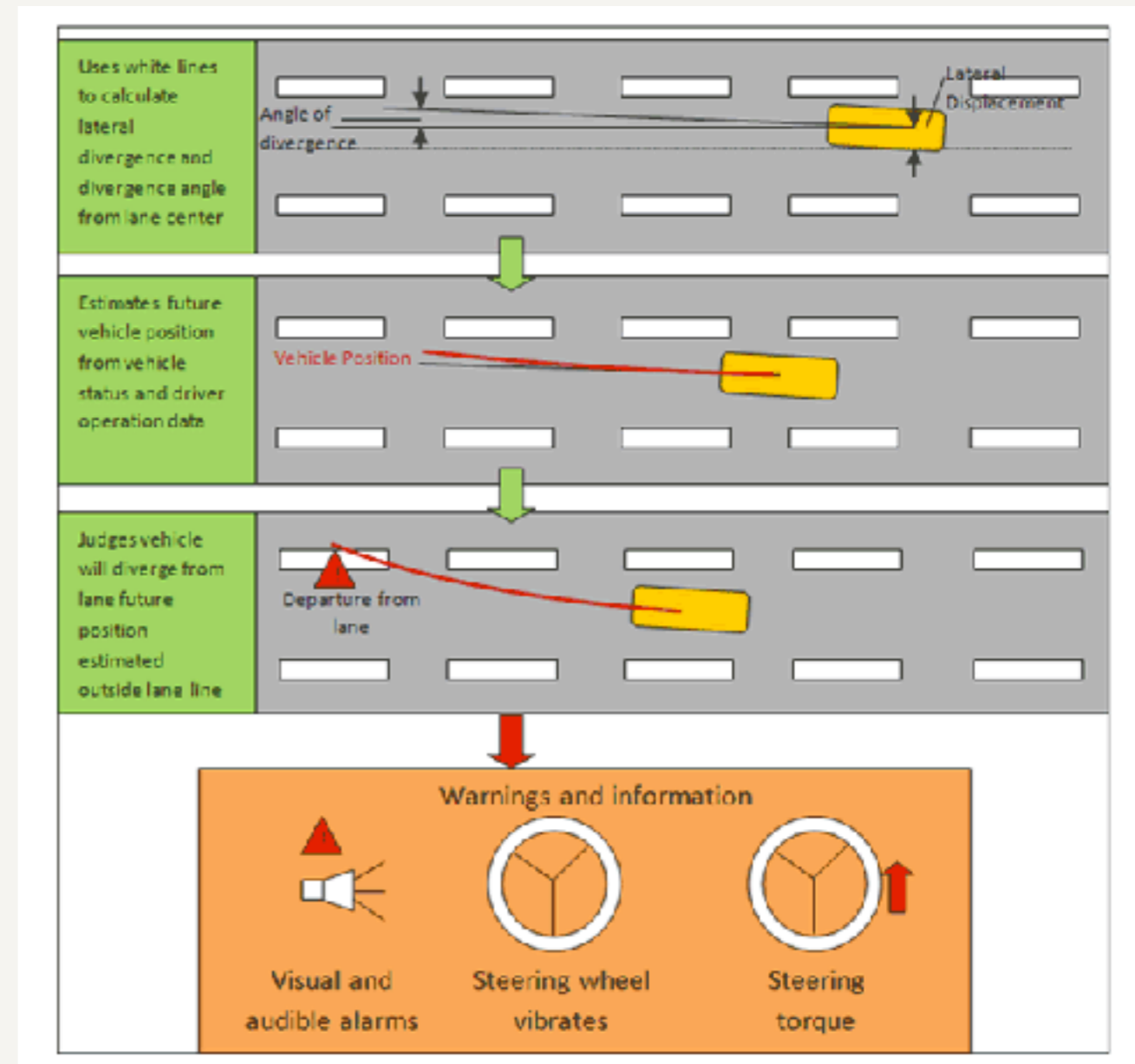
1. An / Aus
2. Gleitende Fernlichtgrenze
3. Links / rechts angepasstes Fernlicht
4. Maskierung der anderen Verkehrsteilnehmer
5. Matrix-Scheinwerfer: gezielte Lichtverteilung



Fahrspurassistent

<http://www.mobileye.com/technology/applications/lane-detection/>

- Kamera erkennt die Fahrspuren und fittet ein Modell an.
- Die Fahrzeugposition innerhalb der Spur wird ermittelt.
- Lenkwinkelanschlag, Geschwindigkeit und Position des Fahrzeugs erlauben die Vorhersage, wann die Fahrspur verlassen wird.
- Je nach System kann gewarnt oder gelenkt werden.



<http://www.cvel.clemson.edu/auto/systems/lane-departure-warning.html>

Erkennung von Verkehrsschildern

<http://www.mobileye.com/technology/applications/traffic-sign-detection/>

ADAC-Test

- Anzeige der aktuellen Geschwindigkeitsbegrenzung
- Nur eine Auswahl an Schildern wird aktuell erkannt.
- Zusatzschilder mit kleiner Schrift erst mit höherer Auflösung möglich.
- Dynamische Anzeigetafeln werden auch erkannt, sind aber schwierig



Quelle: Bosch TSR



Regulatory signs





	D Germany	F France	GB United Kingdom	I Italy	E Spain	NL Netherlands	B Belgium	CH Switzerland	A Austria	IRL Ireland	PL Poland	S Sweden	FIN Finland	N Norway	GR Greece	CZ Czech Republic	SK Slovakia	HU Hungary	
Stop and give way	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP	STOP
Give way (yield)																			
Prohibitory																			
LIPT (priority)																			
One danger																			
Two-way traffic ahead																			
Two-way traffic (day and night)																			
One-way traffic (day and night)																			
Two-way traffic (day and night)																			
Maximum speed																			
Minimum speed																			
Maximum height																			
Maximum width																			
Maximum length																			
No vehicles carrying passengers																			
No left turn																			
No U-turn																			
No parking																			
No stopping (clearway)																			
No vehicles carrying more than 12 passengers																			
No vehicles carrying more than 12 passengers (day and night)																			
Bus																			
Double white line																			
Slippery road																			
Load limit																			
Obstacle																			
Prohibitory (stop)																			

	Germany	France	UK	Italy	Spain	Netherlands	Belgium	Switzerland	Austria	Ireland	Poland	Sweden	Finland	Norway	Greece	Czech Rep.	Slovakia	Hungary	
No entry for vehicles with...																			
No motor vehicles except motor cycles																			
No motor vehicles																			
No motorcycles																			
No tractors																			
No heavy goods vehicles																			
Direction of passing traffic																			
No overtaking																			
Maximum speed limit	50	50	50	50	50	50	60	50	50	50	50	50	60	50	50	50	80	50	
Vehicles (national)																			
Maximum height	3.5m	2.1m	4.2m	3.0m	4.2m	3.0m	3.0m	3.0m	2.7m	1.7m	3.2m	3.5m	3.5m	3.5m	3.5m	3.0m	3.0m	3.6m	
Maximum width	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	2.1m	
Maximum length																			
No vehicles carrying passengers																			
No left turn																			
No U-turn																			
No parking																			
No stopping (clearway)																			
No vehicles carrying more than 12 passengers																			
Speed limit signs																			
Turn right																			
Turn left																			
Keep left																			
Roundabout																			

Personenerkennung

<http://www.mobileye.com/technology/applications/pedestrian-detection/>

- Erkennt vollständig sichtbare Personen
- Zwei Funktionen:
 - ▶ Warnung
 - ▶ Automatische Notbremse



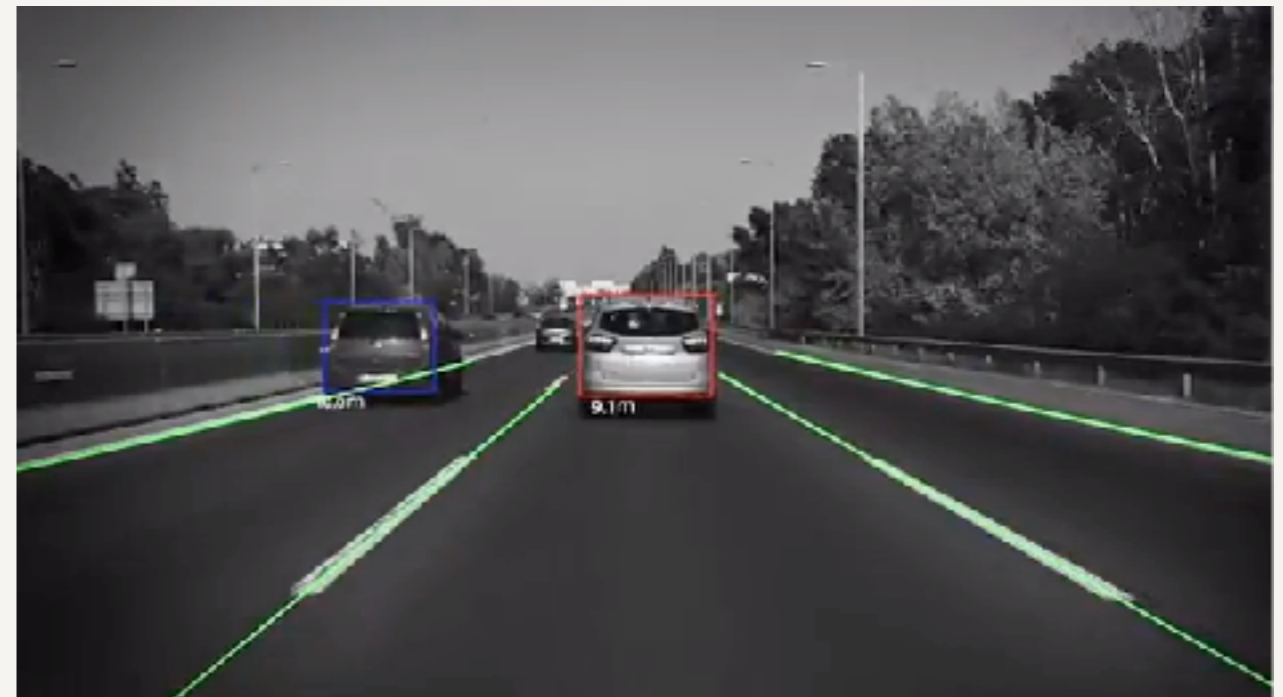
<http://www.youtube.com/watch?v=b5ZrZVe2BT8>

Fahrzeugeterkennung

<http://www.mobileye.com/technology/applications/vehicle-detection/>

<http://www.youtube.com/watch?v=EeDXq3xBdb0>

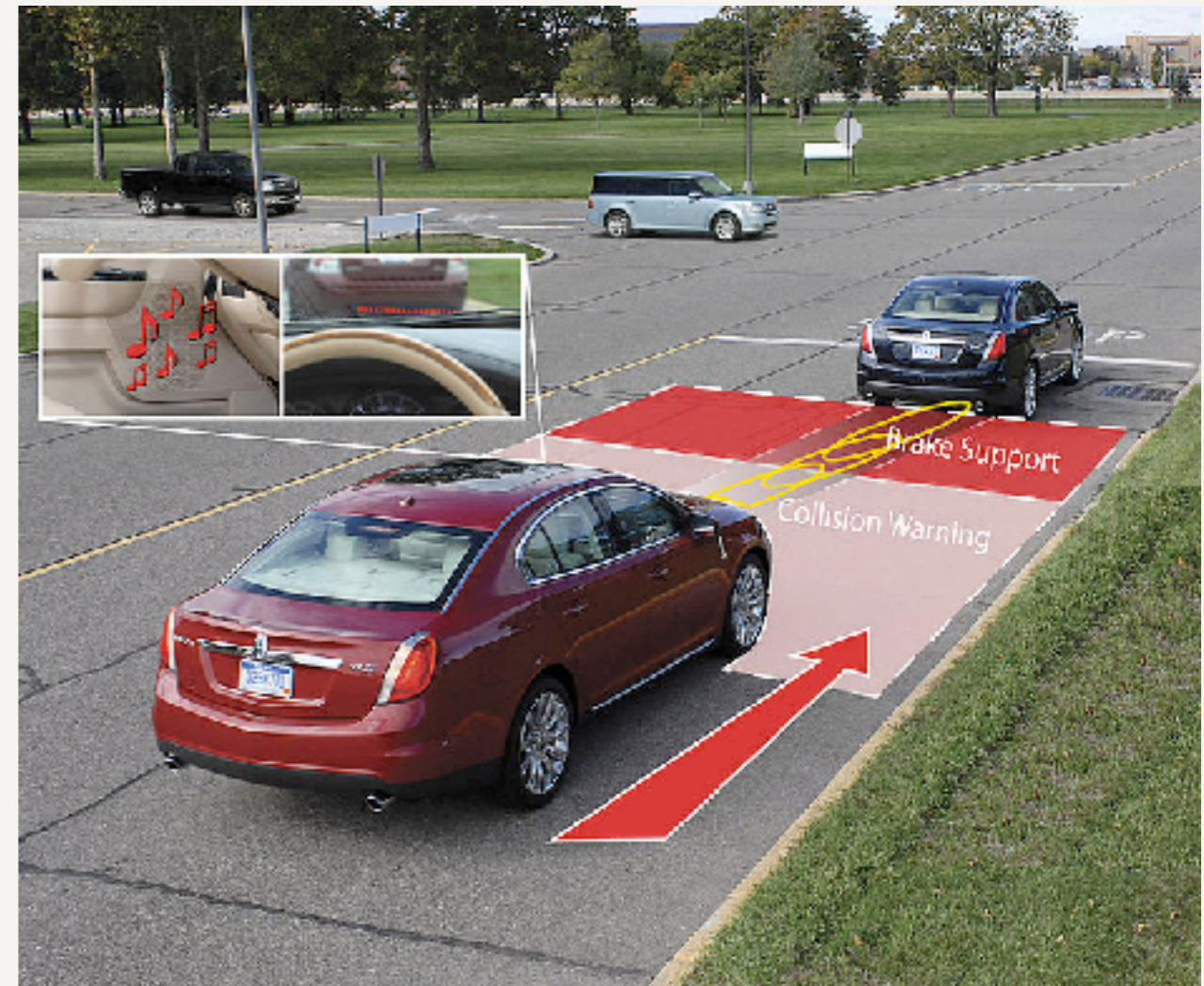
- Erkennt vorausfahrende Fahrzeuge
- Drei Funktionen:
 - ▶ Warnung
 - ▶ Automatische Notbremse
 - ▶ Kamera-basierter adaptiver Geschwindigkeitsregler



ADAC-Test

Notbremsassistent

- Erst Warnung
- Dann automatische Bremse



Stereokameras

Conti Stereo-Kamera

- Eine Mono-Kamera kann Entfernungen nur schätzen, eine Stereo-Kamera kann messen.
- Eine Stereo-Kamera kann deswegen die Geschwindigkeit eines Objekts ebenfalls bestimmen.
- Auch teilverdeckte Objekte



www.youtube.com/watch?v=seLe0JS4GAg

<http://www.6d-vision.de/>

Nachtsicht

- Verwendet IR-Licht zur Verbesserung der Nachtsicht
- Zwei Systeme
 - ▶ Aktive im nahen IR mit IR-Scheinwerfern
 - ▶ Passive im mittleren IR mit Wärmestrahlung

Nachtsicht

Passives System

- Nutzt die Wärmestrahlung von Objekten, insbesondere lebenden wie Menschen und Tiere
- Graustufenbild: viel Wärme wird hell dargestellt.
- Keine Blendung, weil Lichtquellen in dem Bereich nicht oder wenig strahlen.
- Kann keine ‚kalten‘ Objekte erkennen.

<http://www.iclickfun.com/bmw-night-vision-with-pedestrian-recognition/>



Nachtsicht Passives System

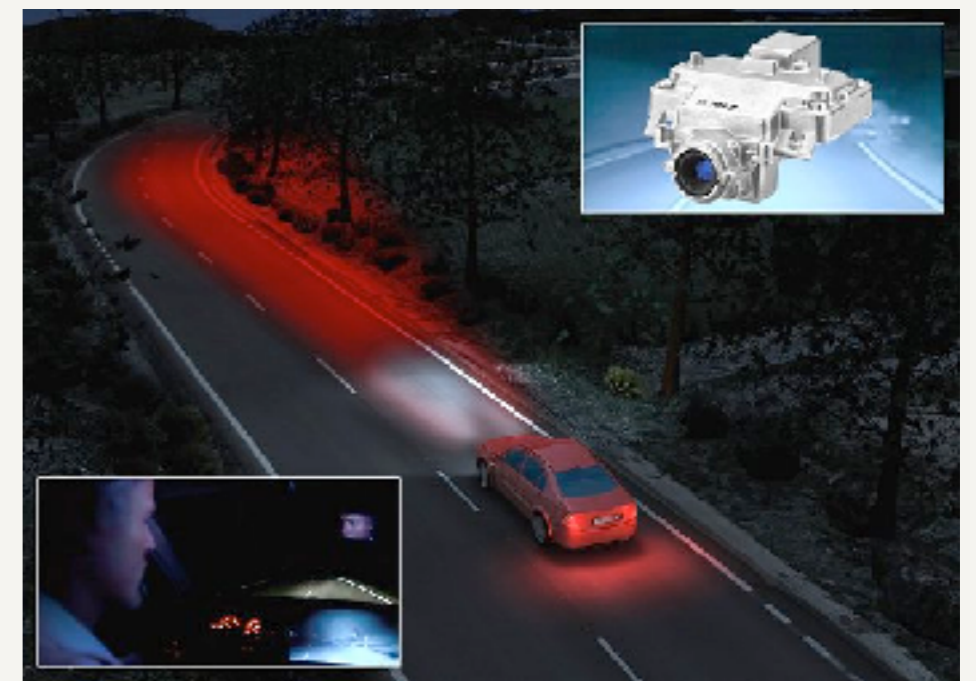
- Windschutzscheibe transmittiert kein fernes IR-Licht.
- Daher muss die Kamera (= Bolometer) mit direktem Blick nach draußen installiert werden.
- Hier: unter der Stoßstange



Nachtsicht Aktives System

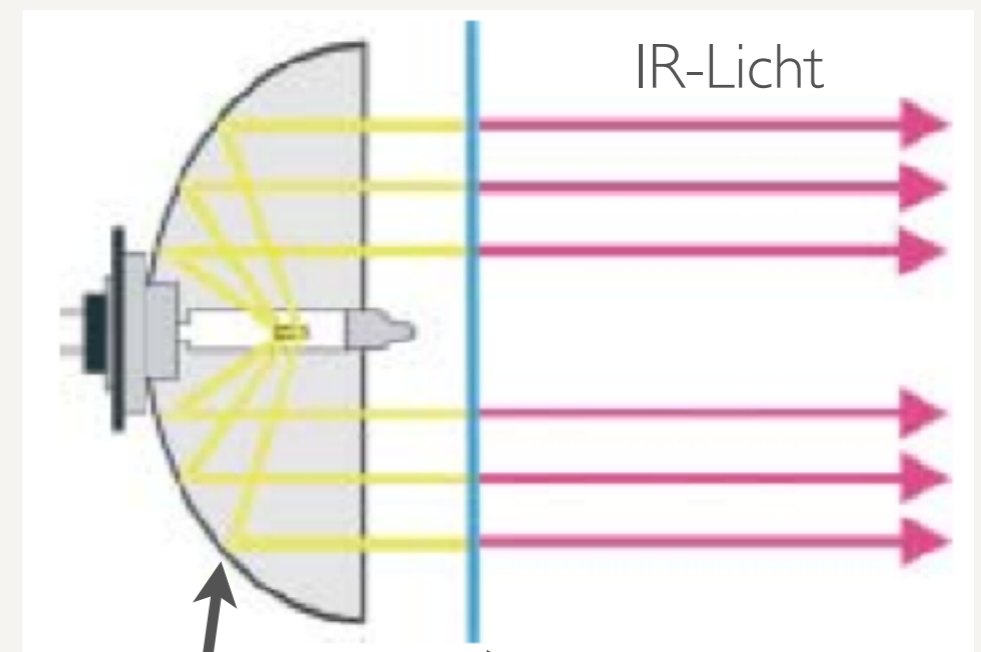
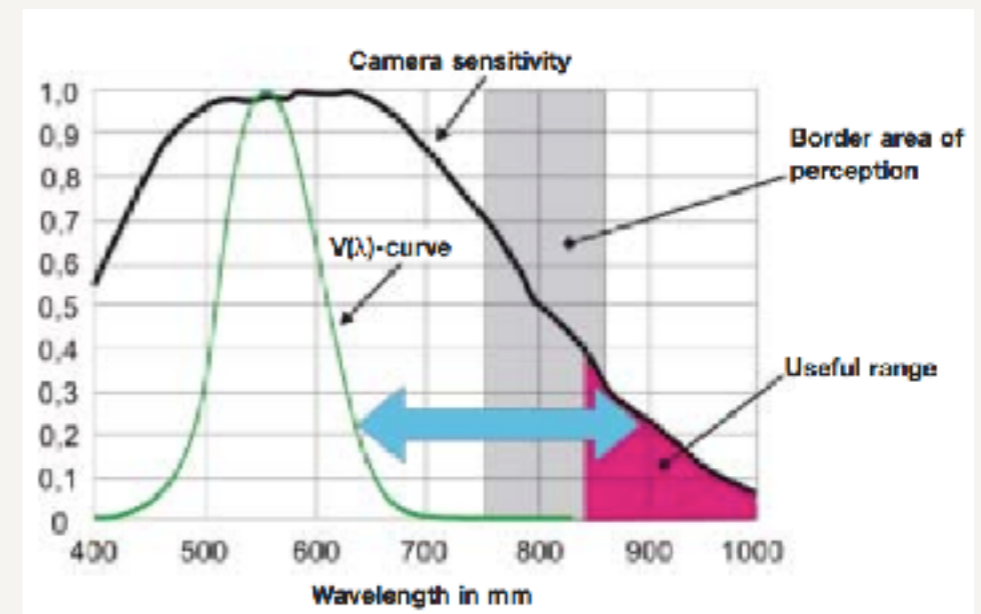
Quelle: [Autoevolution](#)

- Frontscheinwerfer senden IR-Fernlicht im nahen IR aus.
- Eine Kamera hinter der WSS zeichnet das Bild auf.
- Es wird in Graustufen im Display dargestellt.



Nachtsicht Aktives System

- Das System muss soweit im IR arbeiten, dass der Gegenverkehr sicher nicht geblendet wird.
- Für hohe Effizienz der Lichterzeugung und -detektion aber so nah wie möglich am sichtbaren Bereich.
- Durch Tageslicht-Sperrfilter vor dem normalen Fernlicht wird der sichtbare Teil des Spektrums ausgeblendet.



Halogen-Leuchte (Planck'scher Strahler)

Tageslicht-Sperrfilter

Rückfahrkamera

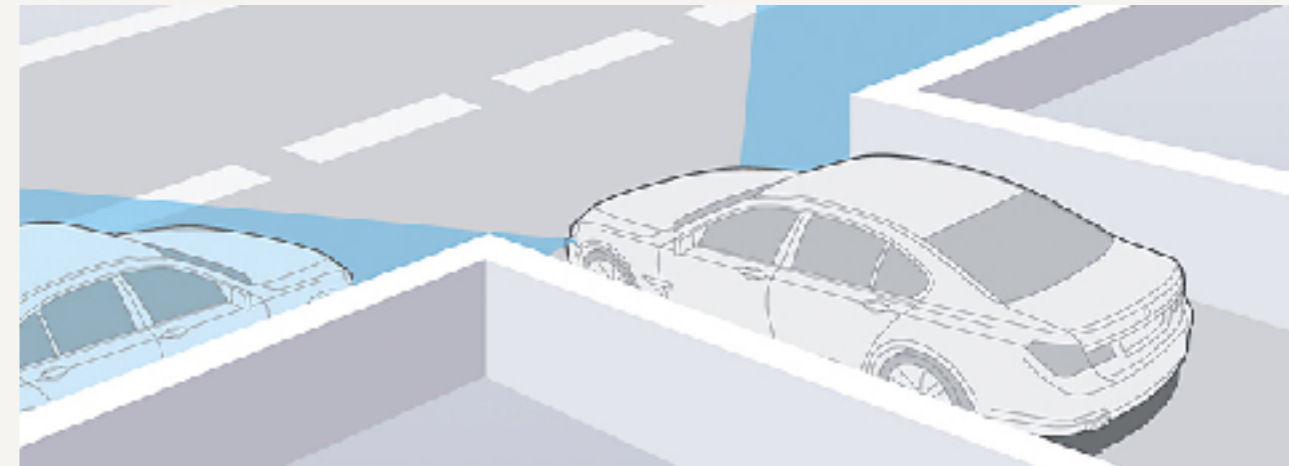
- Ermöglicht die Sicht nach hinten beim Rangieren.
- Wird in den USA diskutiert per Gesetz vorzuschreiben.
- Optik: kann mit Fischaugen-Objektiv ausgerüstet sein und das Bild kann dann entzerrt werden.



http://money.cnn.com/2012/02/29/autos/rearview_cameras_postponed/index.htm

Seitenkameras

- Im der vorderen Stoßstange sind links und rechts zwei Kameras eingebaut.
- Die Bilder werden auf dem Monitor dargestellt.
- Bei Ausfahrten sehr nützlich.



Kameras statt Seitenspiegel

- Verringerung des Windwiderstands
- Reduzierung des Verbrauchs



Kamera statt Rückspiegel



- Notgedrungen: das Fahrzeug (Audi R8 e-tron) hat keine Heckscheibe.



[http://www.auto.de/magazin/showArticle/article/83534/
Bildschirm-statt-Innenspiegel-Die-Kamera-schaut-nach-hinten](http://www.auto.de/magazin/showArticle/article/83534/Bildschirm-statt-Innenspiegel-Die-Kamera-schaut-nach-hinten)