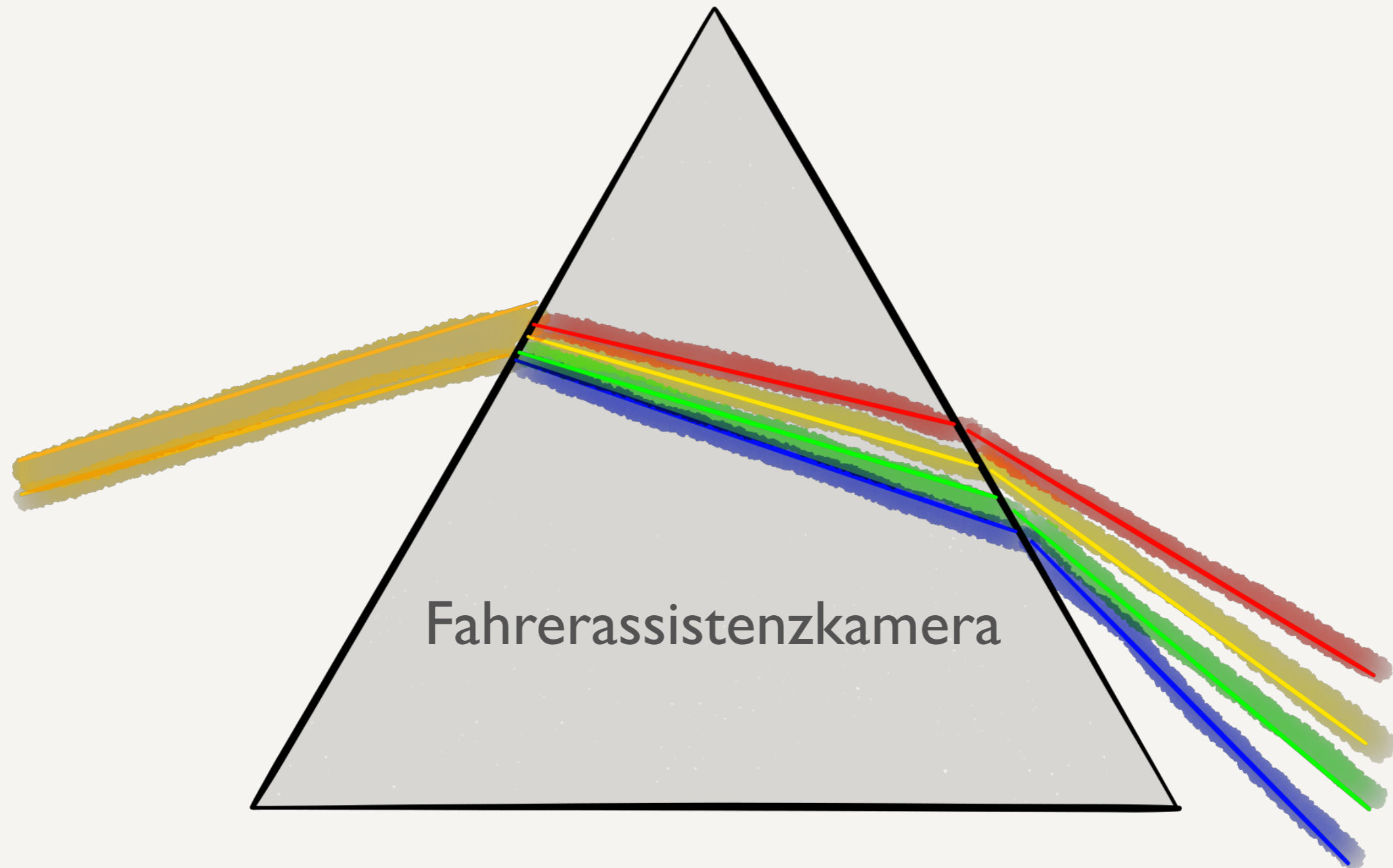


Photonik

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

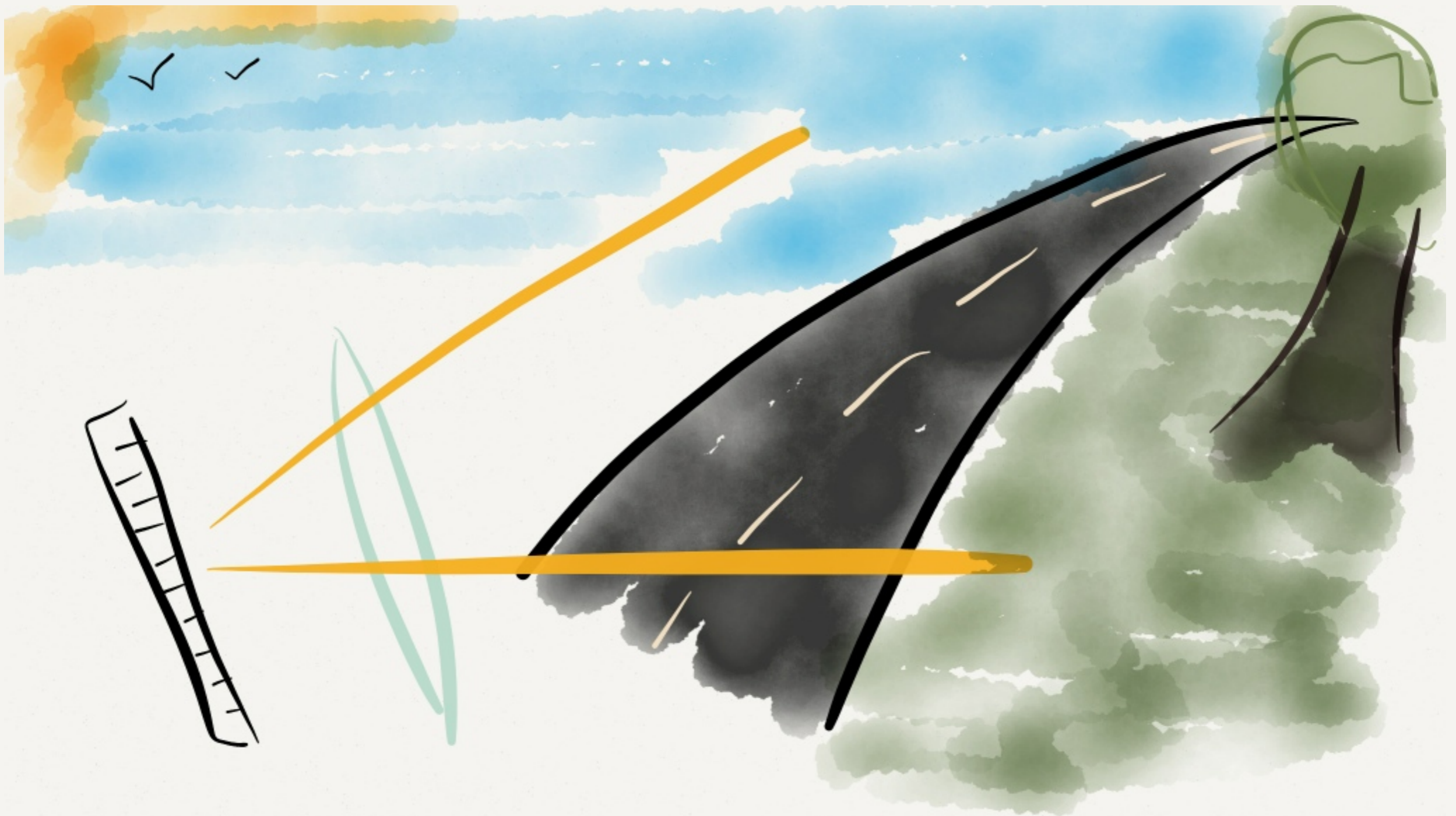
Testfahrten

- 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
 - ...



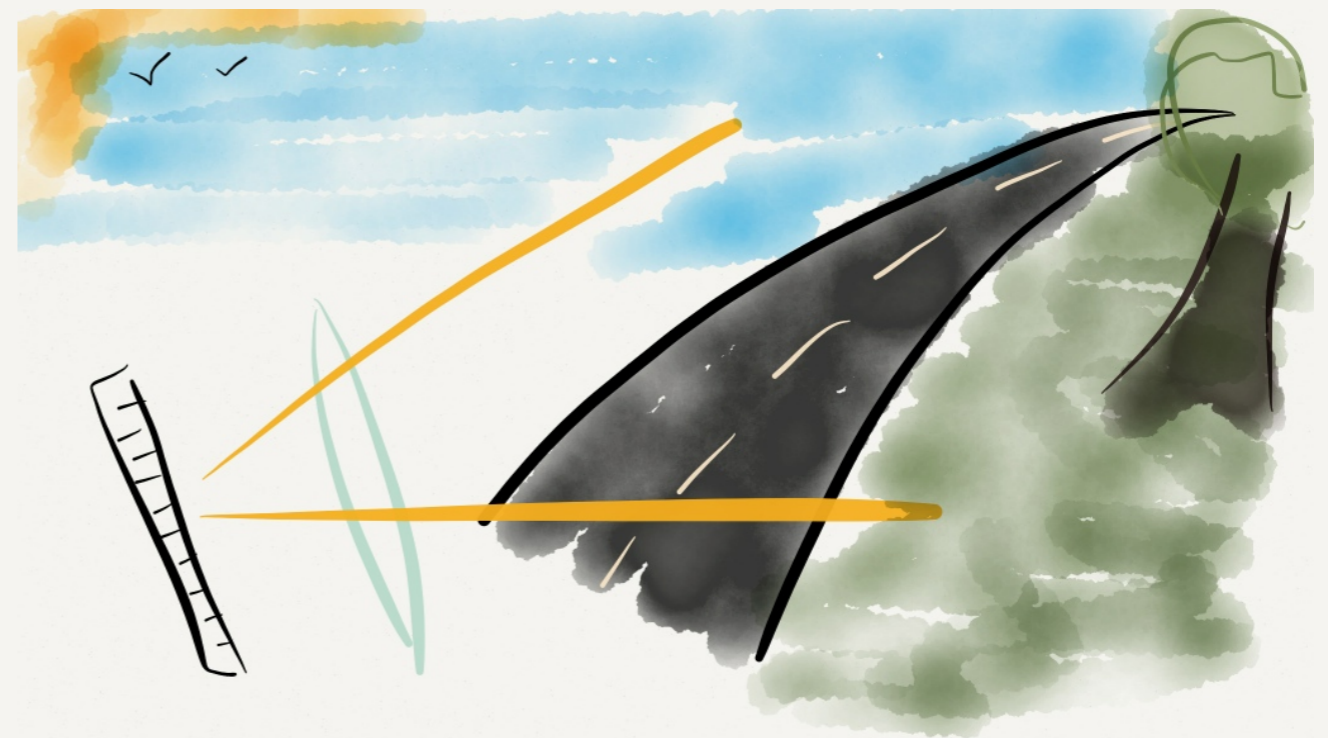
Optische Eigenschaften

Fahrerassistenz-Kamera



Fahrerassistenz-Kamera

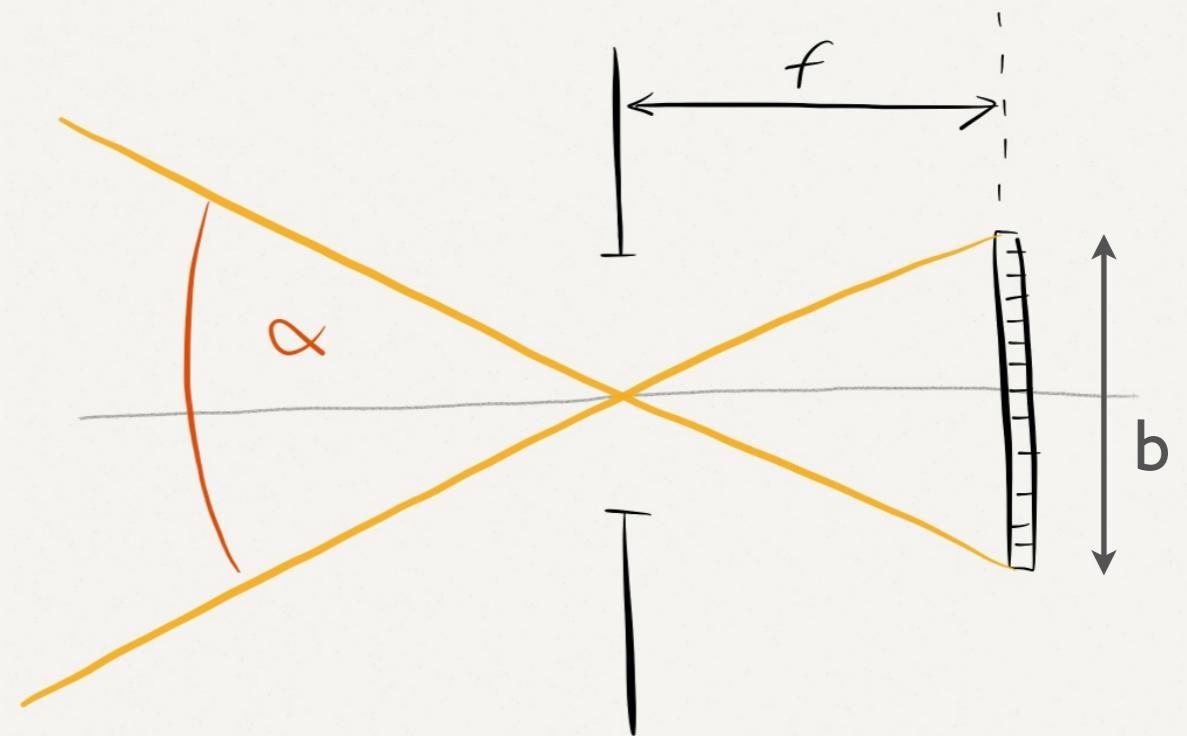
- Perspektivische Abbildung einer 3d-Welt auf einen 2d-Bildaufnehmer
- Kann keine Entfernungen messen
- Typische Sensorgröße: VGA (640 x 480 Pixel)
- Kleiner Bauraum erwünscht
- Hohe Dynamik (Tag / Nacht)
- Hohe Geschwindigkeit



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 $6\mu\text{m}$.
- 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>

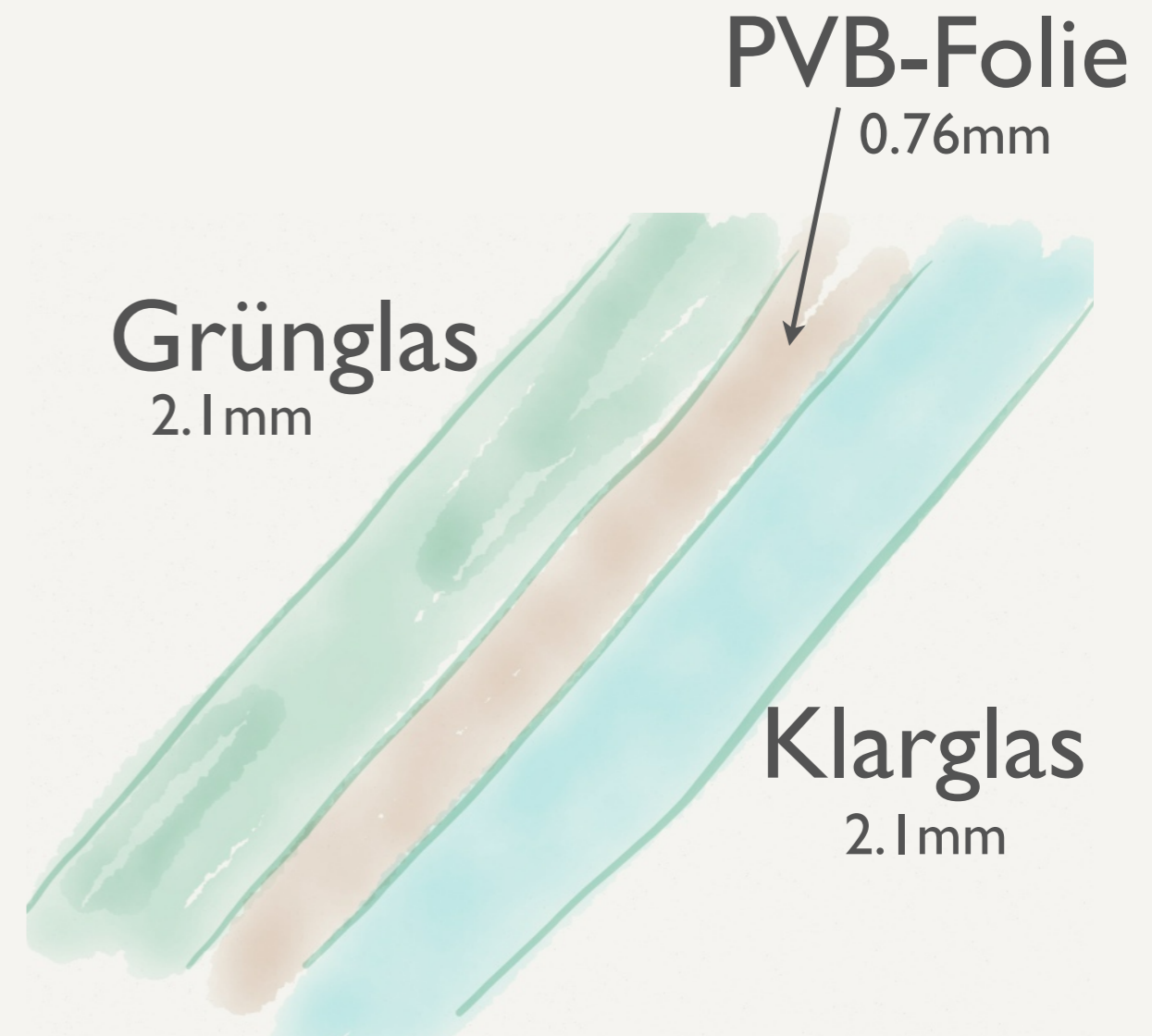
- Zwei parallele Strahlen (z.B. eine Straßenmarkierung) einer perspektivischen Abbildung treffen sich im Fluchtpunkt (engl. *focus of expansion*).
- Wichtiger Referenzpunkt für die Bildverarbeitung:
 - ▶ Gibt die Bewegungsrichtung an
 - ▶ Liegt auf dem Horizont.



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

Transmission der Windschutzscheibe

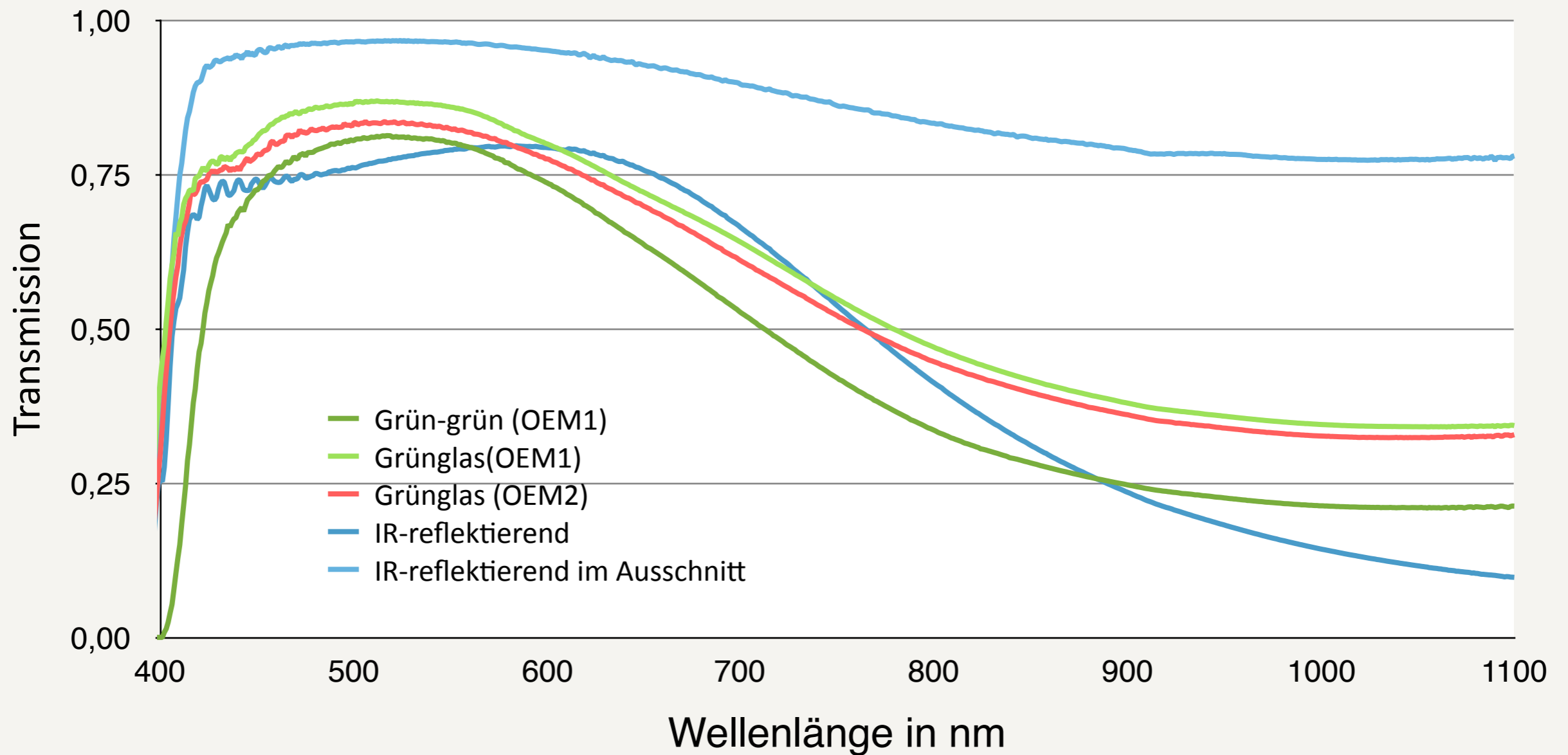
- Verbundglas-Scheiben
- Kombinationen von Klarglas- und Grünglas-Scheibe
- Funktionsgebende Folie
 - IR-absorbierend
 - Akustisch dämmend
 - Head-up Display: mit Winkel
- Ausschnitte möglich für Kamera oder andere Sensorik
- Unterschiedliche Transmission führt zu anderem optischen Verhalten.



Beispiel: 5mm-Scheibe

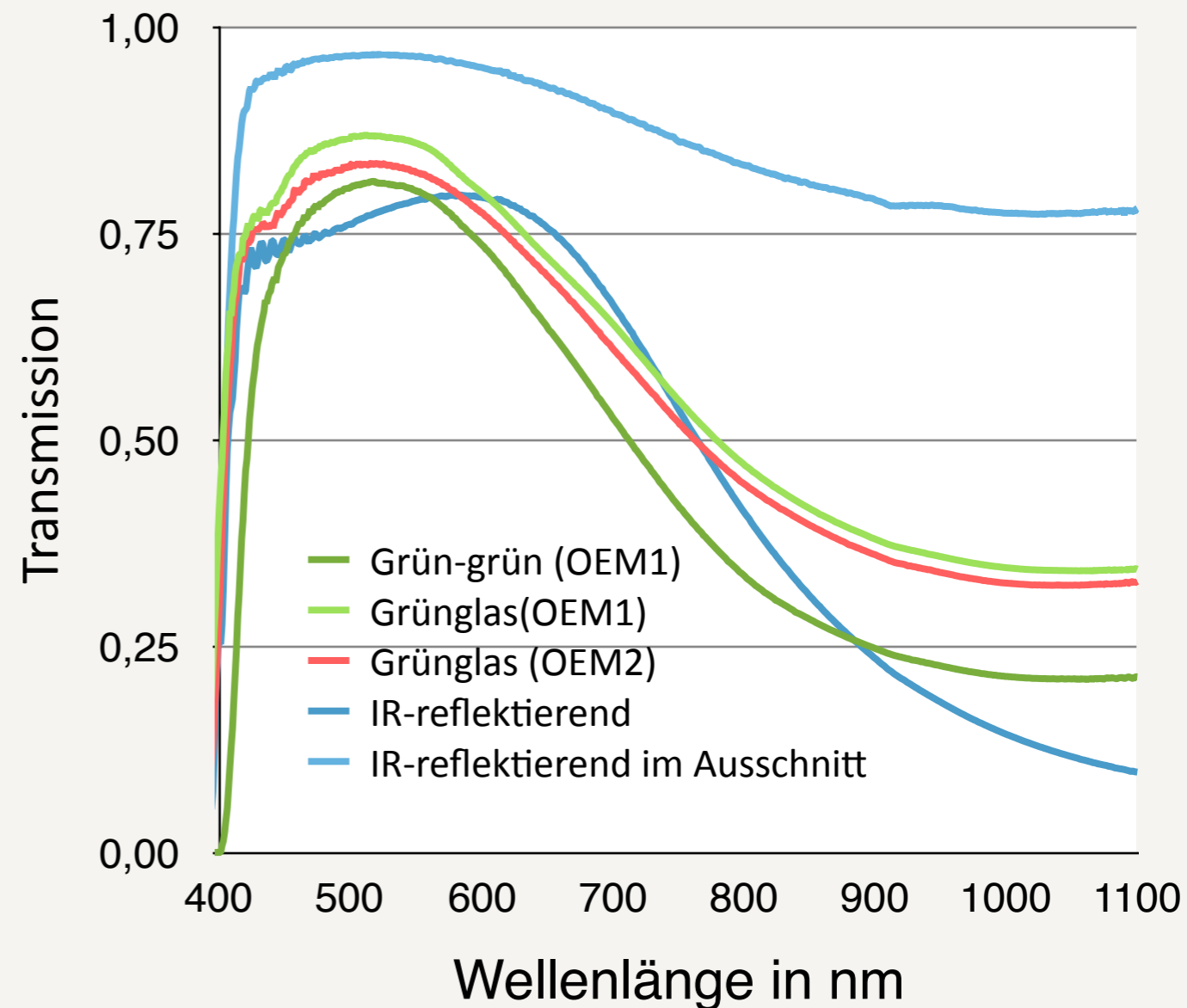
4.96mm +/- 0.2mm

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.

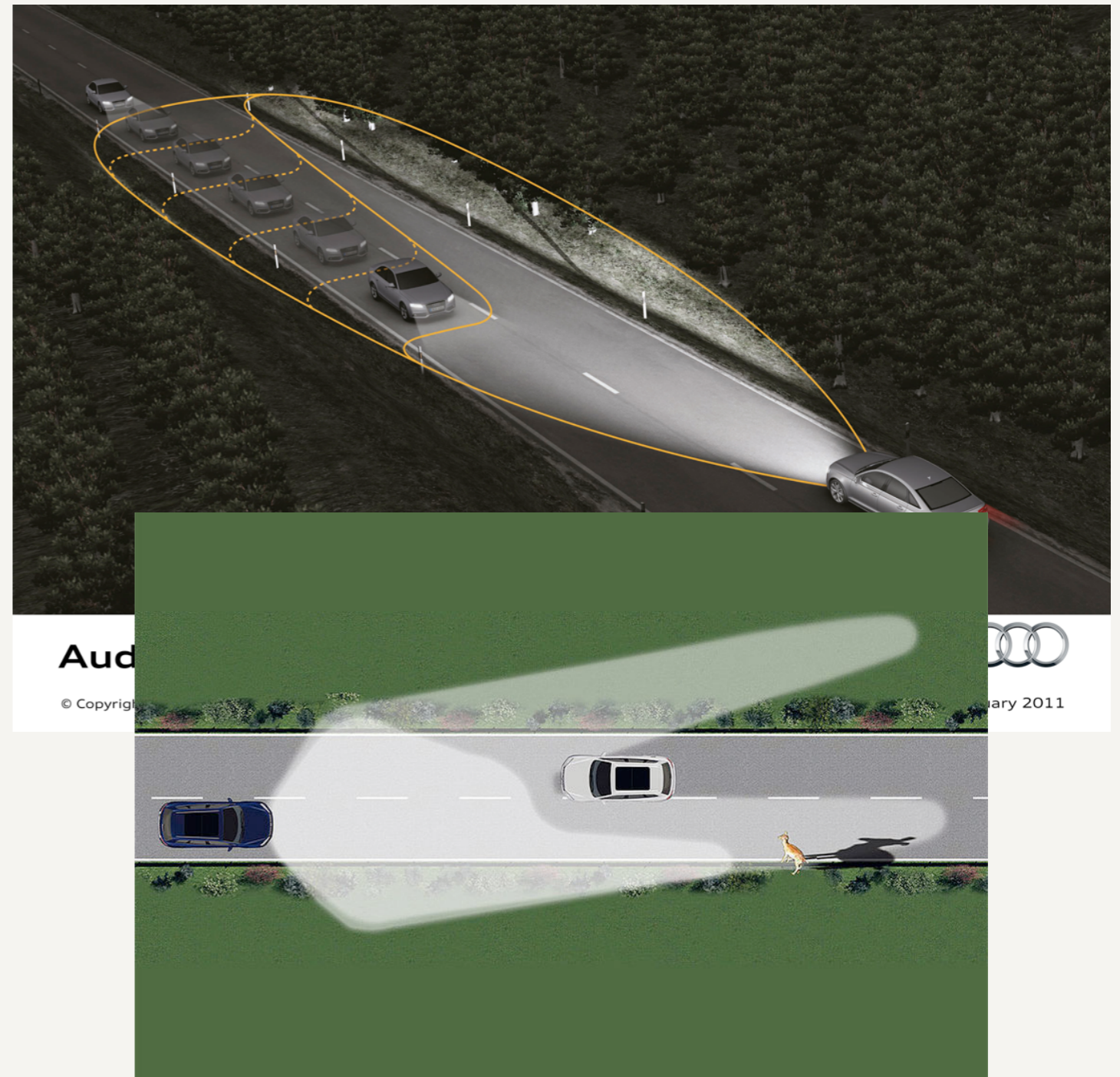


<http://www.autopressnews.com/2005/2005csm/m08eng/bmw2/highbeamassist.shtml>

Fernlichtassistent

Typen

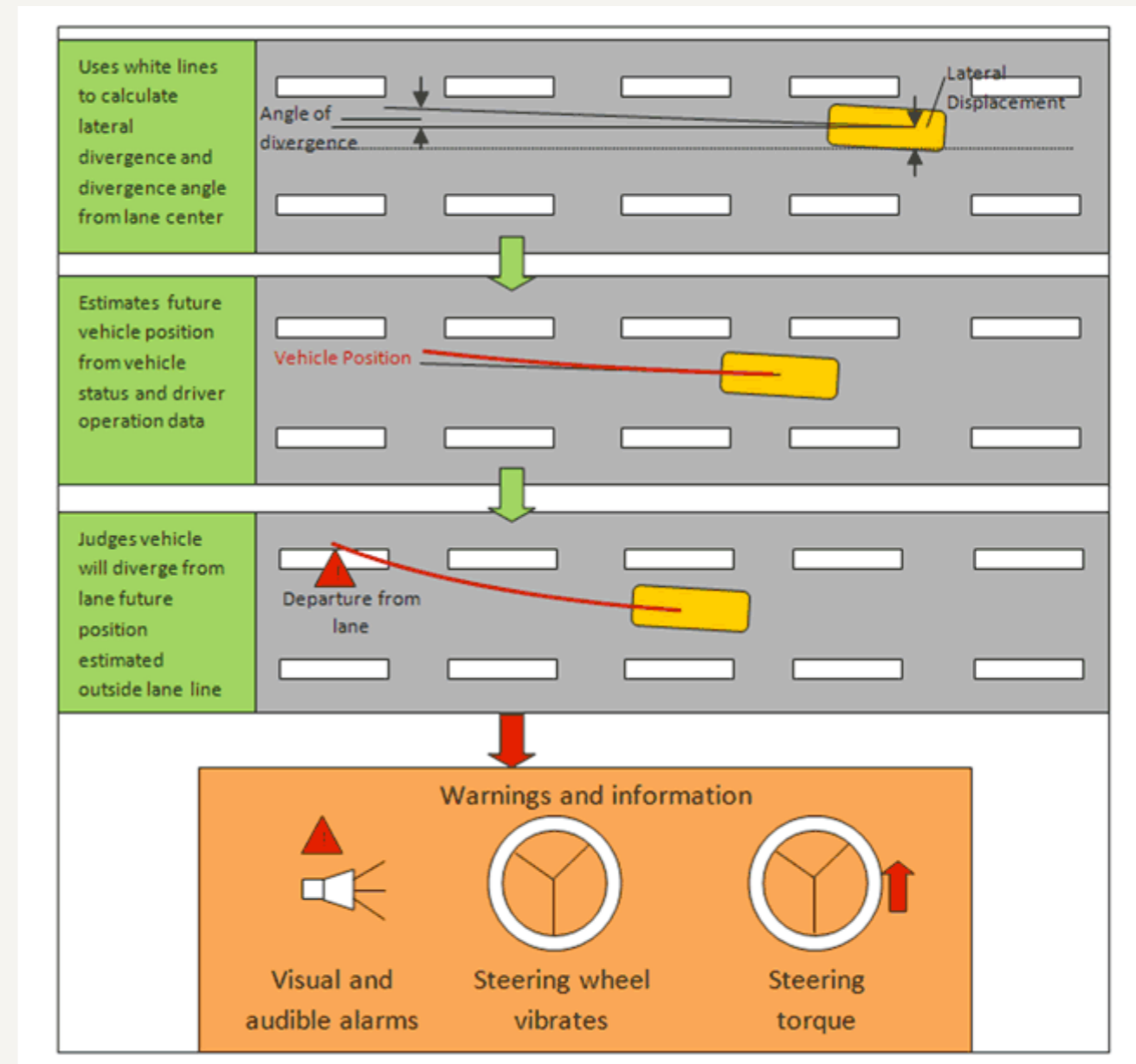
1. An / Aus
2. Gleitende Fernlichtgrenze
3. Links / rechts angepasstes Fernlicht
4. Maskierung der anderen Verkehrsteilnehmer
5. Matrix-Scheinwerfer:
gezielte Lichtverteilung



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.
- Lenkwinkeleinschlag, 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



Marking for no stopping or no parking area

Information signs





	D	F	GB	I	E	NL	B	CH	A	IRL	PL	S	FIN	N	GR	CZ	SK	Belarus & Russia		
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)	YIELD	YIELD	GIVE WAY	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	YIELD	
Priority road	PRIORITY	PRIORITY	Not used	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	PRIORITY	
End of priority road	END PRIORITY	END PRIORITY	Not used	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	END PRIORITY	
Other danger	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	OTHER DANGER	
Two-way traffic straight ahead	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	TWO-WAY	
Traffic queues likely ahead	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	TRAFFIC QUEUES	
Traffic lights ahead	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	TRAFFIC LIGHTS	
Level crossing without barrier	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	
Level crossing with barrier	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	LEVEL CROSSING	
Trams crossing ahead	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	TRAMS	
Crossroads with right-of-way from the right	CROSSROADS	CROSSROADS	Not used	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	
Crossroads (junction with a minor cross road)	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	CROSSROADS	
Junction with a minor side road	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	JUNCTION	
Road narrows on both sides	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	
Road narrows on right	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS	ROAD NARROWS
Side winds	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	SIDE WINDS	
Low-flying aircraft	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	LOW-FLYING	
Steep hill downwards	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	
Steep hill upwards	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	STEEP HILL	
Bend	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	BEND	
Double bend	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	DOUBLE BEND	
Slippery road	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	SLIPPERY	
Road works	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	ROAD WORKS	
Children	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	CHILDREN	
Pedestrian crossing	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	PEDESTRIAN	

No entry for vehicular traffic	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	NO ENTRY	
No motor vehicles except solo motor cycles	NO MOTOR VEHICLES	Not used	NO MOTOR VEHICLES	Not used	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	
No motor vehicles	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	NO MOTOR VEHICLES	
No motorcycles	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	NO MOTORCYCLES	
No cycling	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	NO CYCLING	
No pedestrians	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	NO PEDESTRIANS	
No heavy goods vehicles	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	NO HEAVY GOODS	
Give way to oncoming traffic	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	GIVE WAY	
No overtaking	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	NO OVERTAKING	
Maximum speed limit	50	50	50	50	50	50	60	50	50	50	50	50	50	50	60	50	50	50	80	50
20 mph zone (30 km/h)	30	30	20	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
Maximum height	3.8m	3.5m	4.4m	3.0m	4.2m	3.1m	3.0m	3.5m	2.9m	4.4m	3.5m	3.5m	3.5m	3.5m	3.5m	3.5m	3.5m	3.5m	3.5m	3.5m
Maximum width	2m	2.5m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.3m	2.5m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m	2.0m
Maximum length	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m	10m
No vehicles carrying dangerous goods	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS	NO DANGEROUS GOODS
No left turn	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN	NO LEFT TURN
No U-turns	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS	NO U-TURNS
No waiting	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING	NO WAITING
No stopping (clearway)	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING	NO STOPPING
No vehicles carrying water pollutants	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	Not used	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS	NO WATER POLLUTANTS
National speed limit applies	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT	NATIONAL SPEED LIMIT
Turn right	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT	TURN RIGHT
Turn right ahead	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD	TURN RIGHT AHEAD
Keep left or right	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT	KEEP LEFT OR RIGHT
Roundabout	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT	ROUNDABOUT

Personenerkennung

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

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

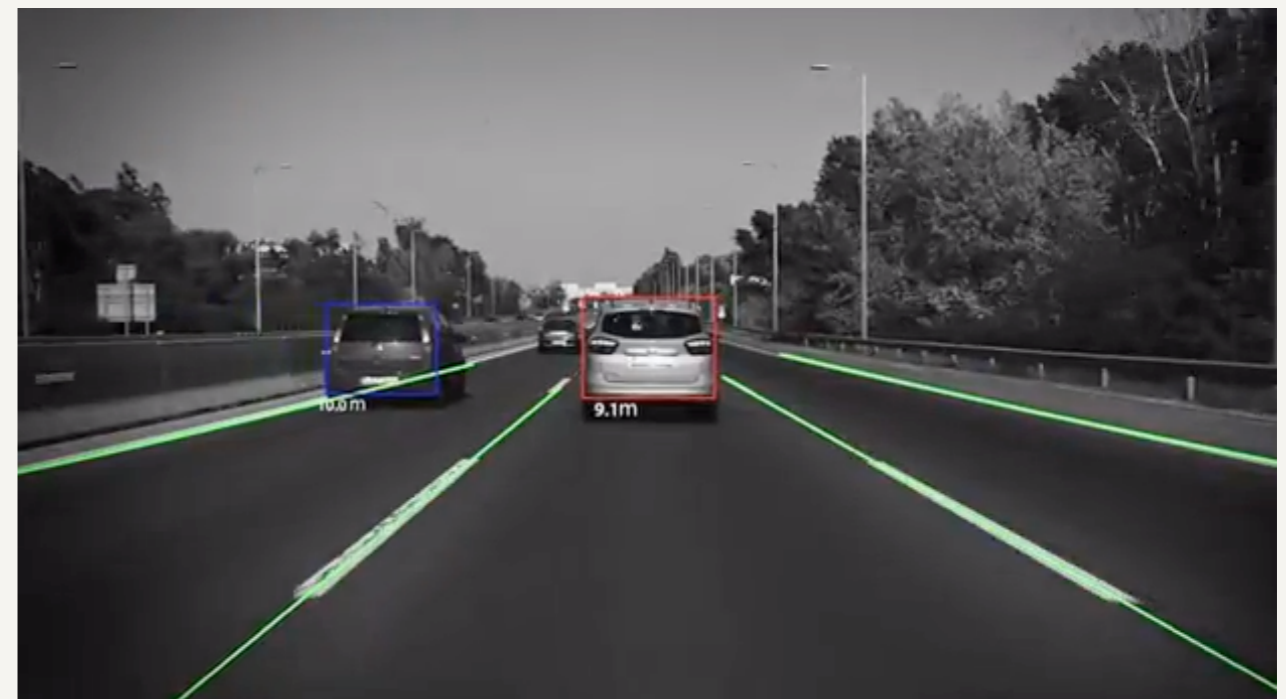


[http://www.youtube.com/watch?
&v=b5ZrZVe2BT8](http://www.youtube.com/watch?v=b5ZrZVe2BT8)

Fahrzeugeterkennung

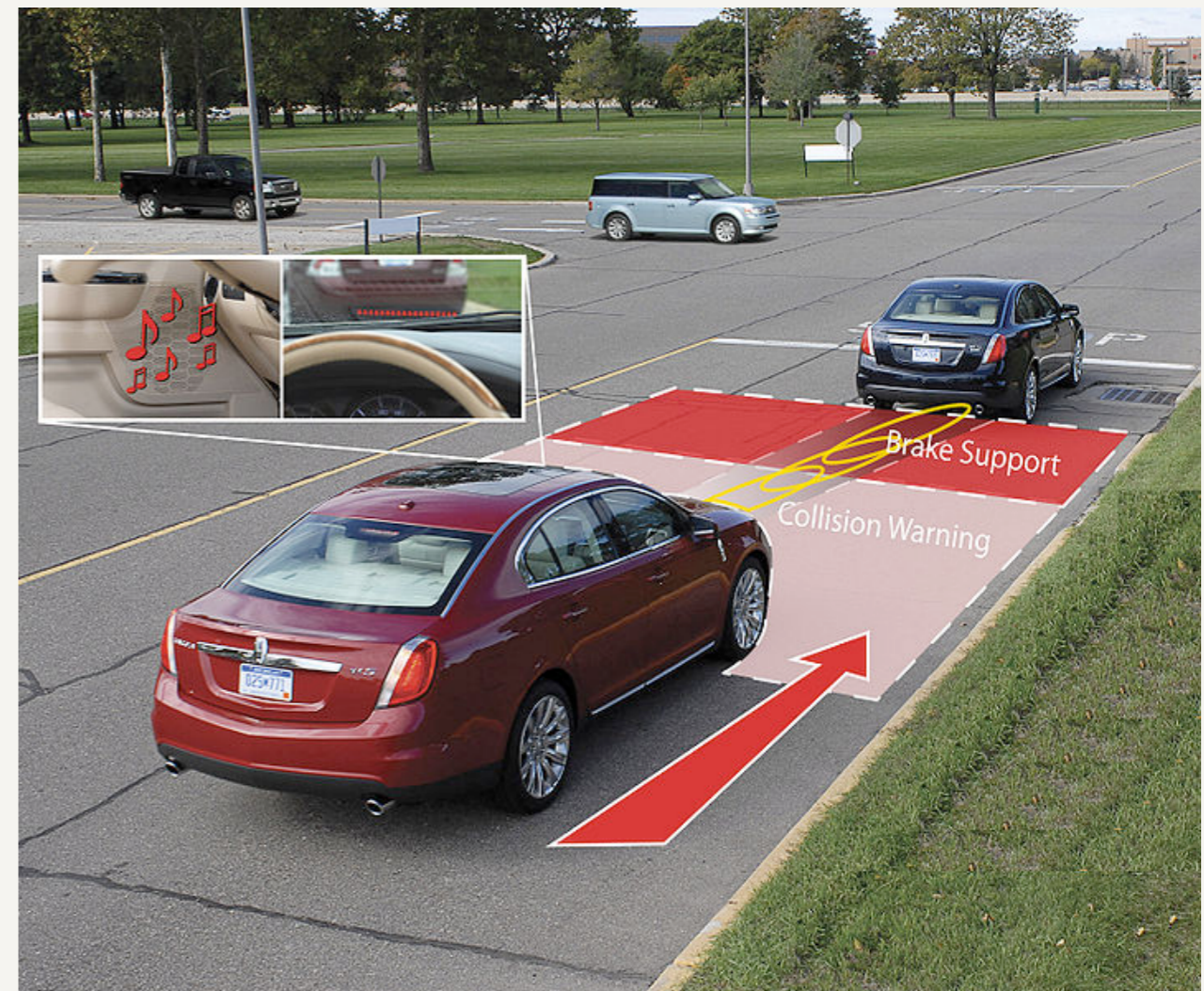
<http://www.mobileye.com/technology/applications/vehicle-detection/>

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



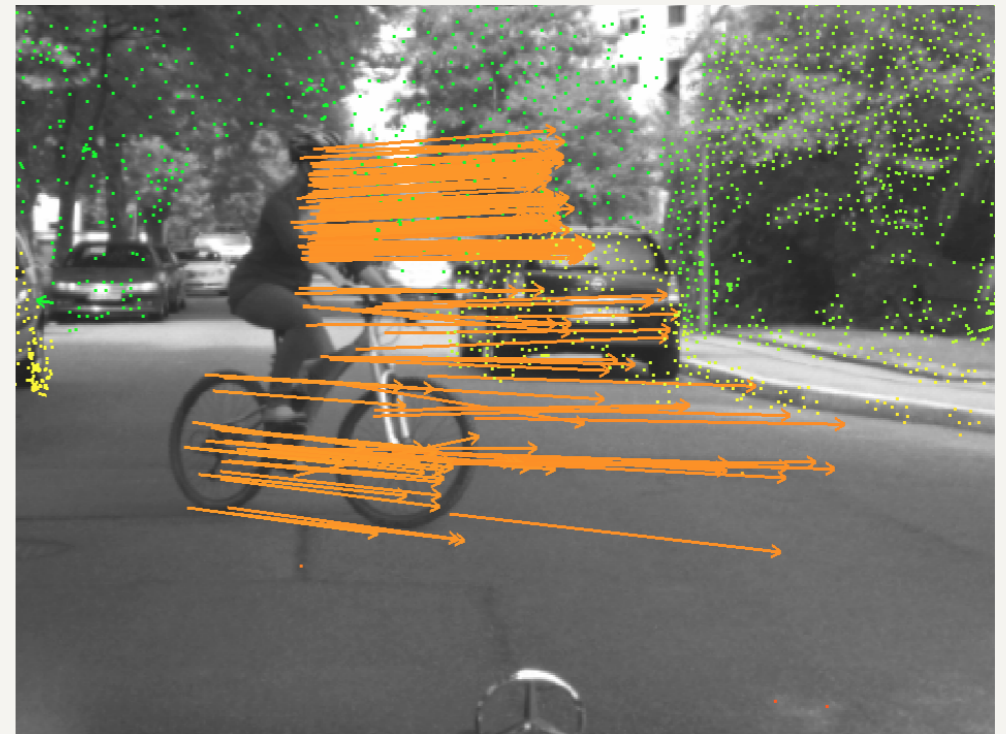
Notbremsassistent

- Erst Warnung
- Dann automatische Bremse



Stereokameras

- 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



www.youtube.com/watch?v=seLe0JS4GAg

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.



Nachtsicht

Passives System

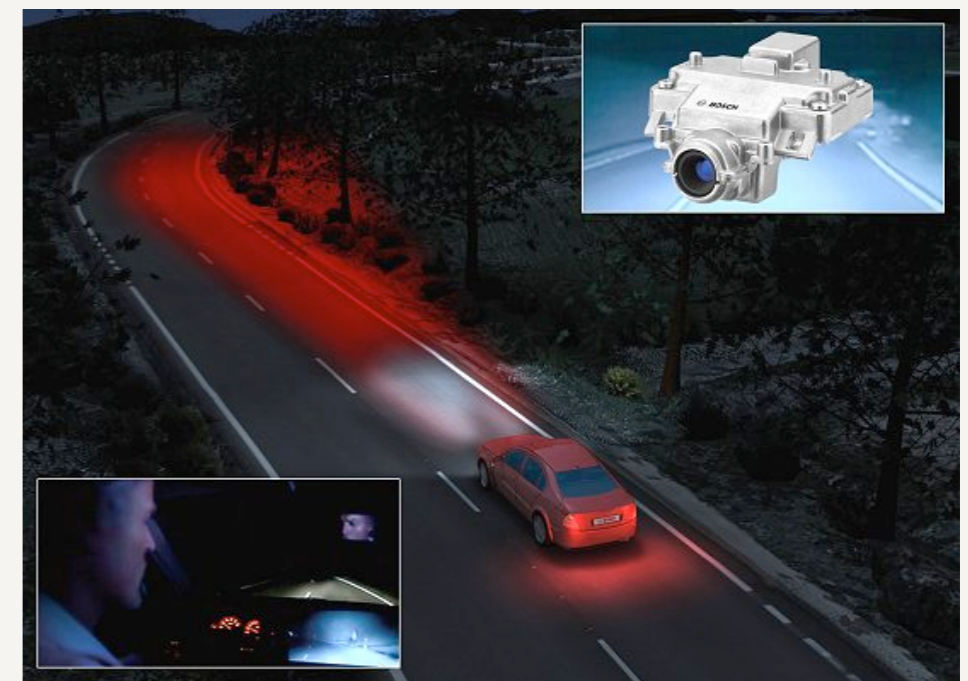
- Windschutzscheibe transmittiert kein fernes IR-Licht.
- Daher muss die Kamera (= Bolometer) mit direktem Blick nach draußen installiert werden.
- Hier: unter der Stoßstange



Nachtsicht Aktives System

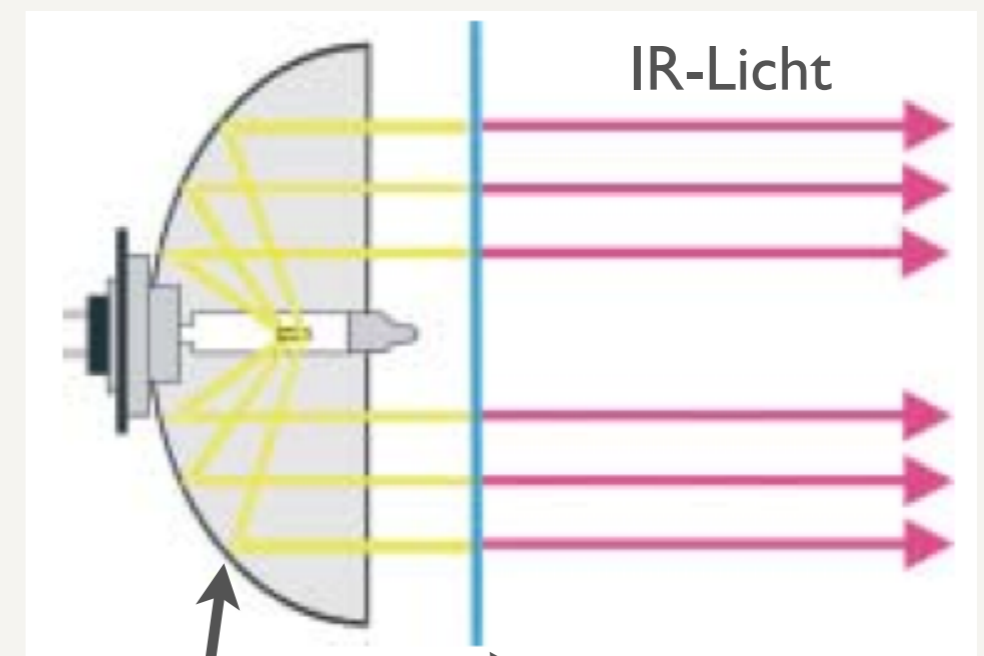
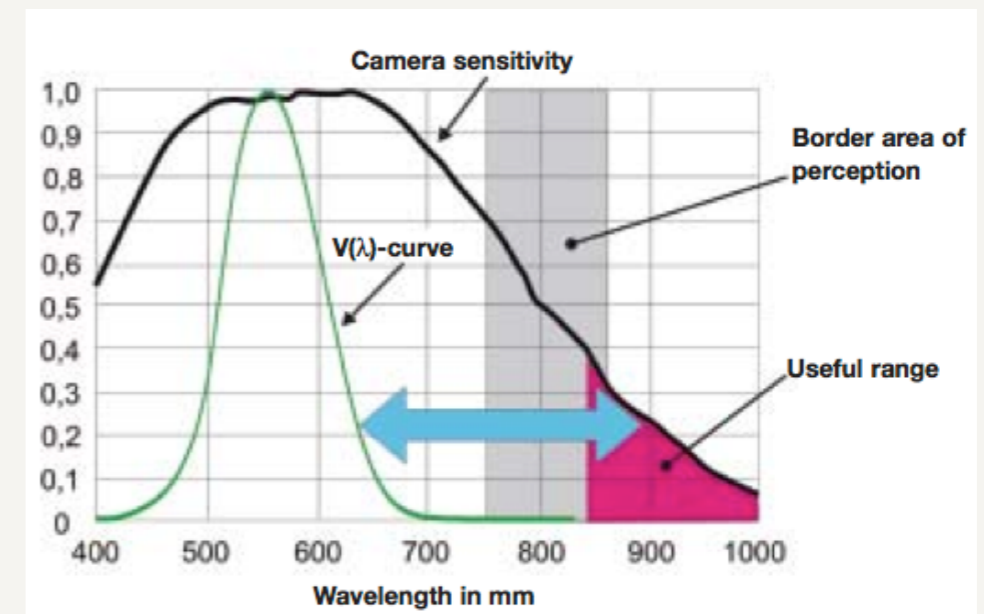
Quelle: [Autoevolution](#)

- 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

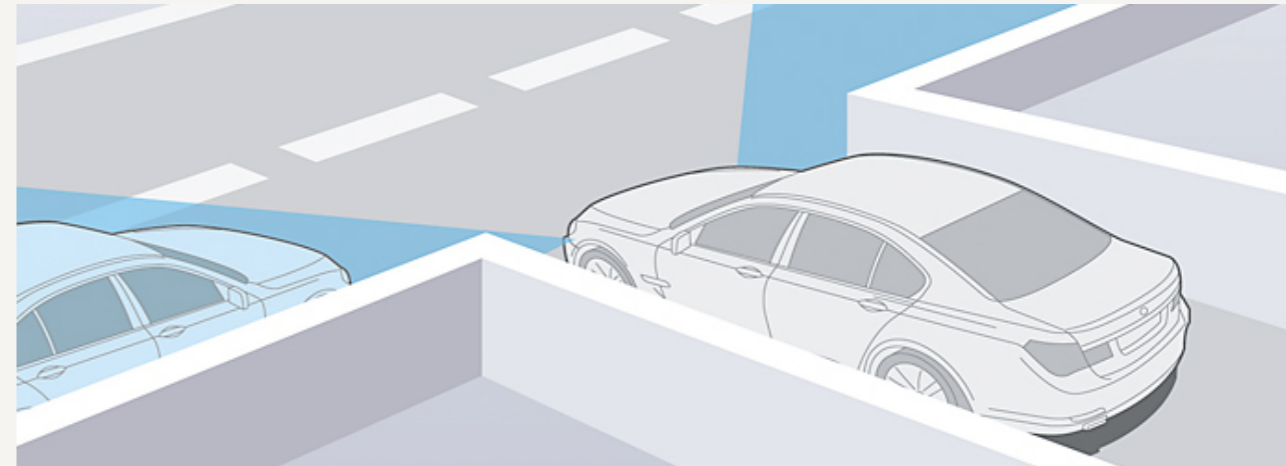
- Ermöglicht die Sicht nach hinten beim Rangieren.
- Wird in den USA diskutiert per Gesetz vorzuschreiben.
- Optik: kann mit Fischaugen-Objektiv ausgerüstet sein und das Bild kann dann entzerrt werden.



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)