

# Wie können Lichtsignalanlagen auf den Verkehr reagieren?

Intelligente Verkehrsdatenerfassung von zu Fuß Gehenden bis zum Lkw-Verkehr

Dipl.-Ing. Katharina Marienhagen / 24.05.2023

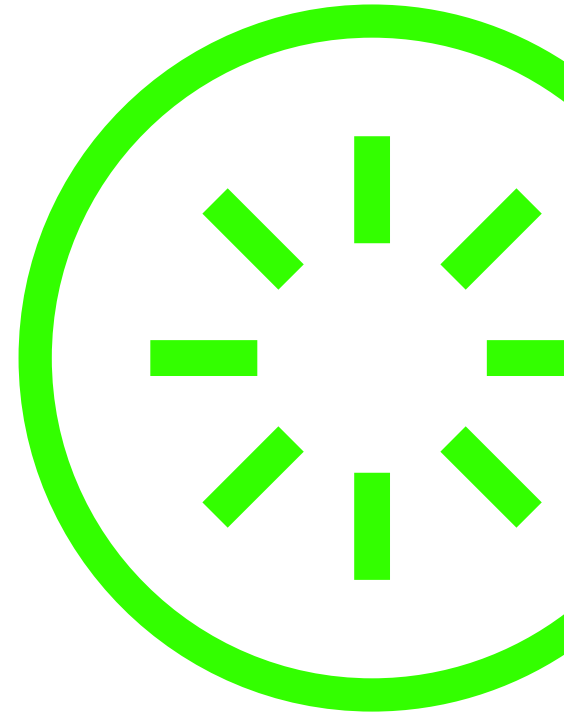


# Gliederung

1. Einführung
2. Anwendungsfelder der Detektion bei LSA
3. Vorhandene Technologien
  - 3.1. Motorisierter Individualverkehr
  - 3.2. ÖPNV
  - 3.3. Nicht motorisierter Individualverkehr
4. Neueste Technologien
5. Selbstlernende Systeme
6. Literaturliste

# 01

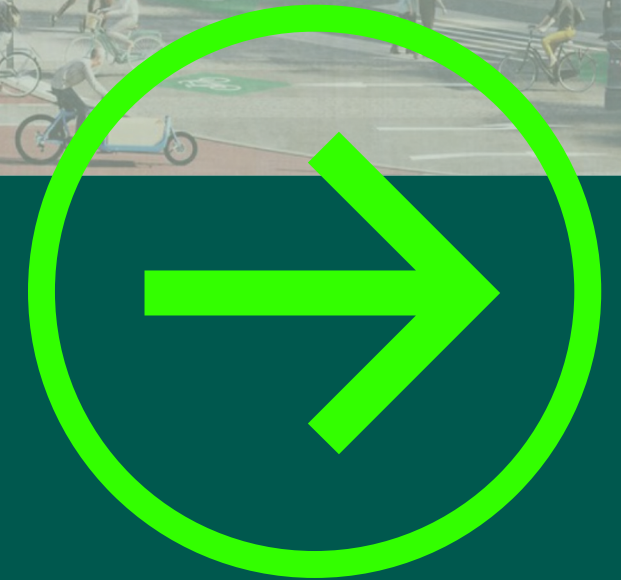
## Einführung





# Detektionstechnologien im Straßenverkehr allgemein

Aufgaben und Möglichkeiten



# Die Erfassung von Verkehrsdaten dient unterschiedlichen Aufgaben

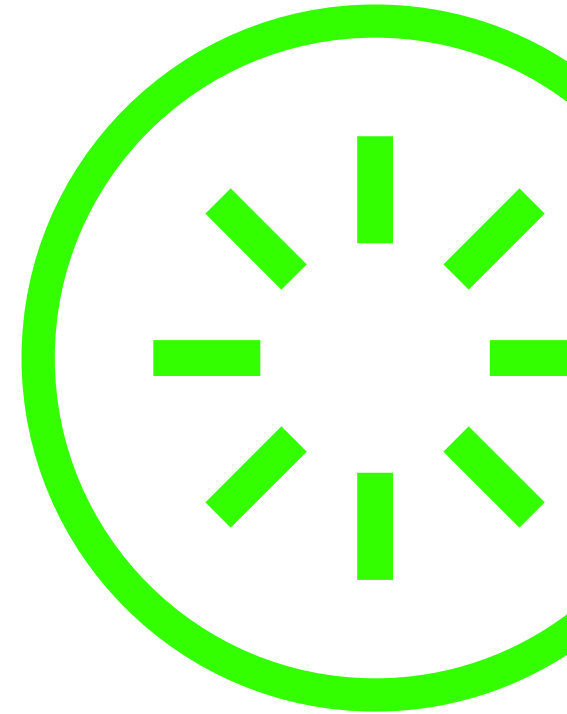
- der kurzfristigen Verkehrsbeeinflussung an Lichtsignalanlagen und als Kenngröße zur verkehrsabhängigen Steuerung des Verkehrs
- der kurzfristigen Verkehrsbeeinflussung auf Autobahnen und Stadtstraßen
- der Zustandsinformation über verschiedene Kommunikationsmittel (z.B. zur Routenplanung)
- der langfristigen Verkehrsplanung, insbesondere der Bereitstellung statistischer Daten für die Planung und Bewertung von Infrastruktur- und Verkehrssteuerungs- und Verkehrsmanagementmaßnahmen

Im vorliegenden Vortrag wird auf die Anwendungsfelder mit Bezug zu Lichtsignalanlagen eingegangen.

# 02

## Anwendungsfelder der Detektion im Bereich Lichtsignalanlagen

Verkehrstechnische Kenngrößen bestimmen die Auswahl der geeigneten Detektion



# Welche Anwendungsfelder gibt es?

- Lokale verkehrsabhängige Steuerung des motorisierten Individualverkehrs (Anforderung, Freigabezeitanpassung, Phasentausch, Versatzzeitanpassung)
- ÖPNV-Bevorrechtigung
- Freigabezeitanforderung und -verlängerung durch Zu Fuß Gehende
- Freigabezeitanforderung und -verlängerung durch Rad Fahrende
- Lichtsignalsteuerung auf Strecken und in Netzen
- Zuflussdosierung durch LSA
- **Kommunikation von Kraftfahrzeugen und Infrastrukturkomponenten zur Übermittlung verschiedenster Informationen wie Restrotzeit etc.**



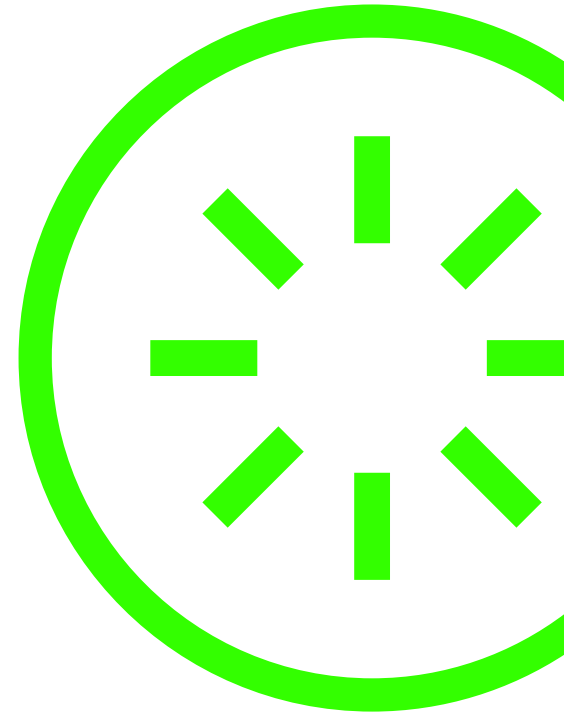
# Kenngrößen und ihre Anwendungsfelder

Anwendungs-feld Kenngrößen	Lichtsignal- steuerung in Straßennetzen	Variable Fahrstreifen- zuteilung	Zuflussregelung	Lokale verkehrsabhängige Lichtsignalsteuerung	ÖPNV- Bevorrechtigung an LSA	Freigabezeitanforderung durch Zufußgehende an Lichtsignalanlagen	Radfahr- detektion	Temporäre Datenerfassung in Arbeitsstellen
Verkehrsstärke	X	X	X				X	X
Fahrtzeit bzw. strecken- oder abschnitts- bezogene Geschwindigkeit	X		X					X
Lokale Geschwindigkeit	X	X						X
Rückstaulänge	X			X				
Belegung bzw. Anwesenheit	X		X	X	X	X	X	
Zeitlücke				X				
Wartezeit				X	X	X	X	
Kapazität		X					X	
Klassifizierung		X	X					X
Schwerverkehrs- anteil		X	X					X



# 03

## Auswahl vorhandener Technologien



# Technologien für den motorisierten Individual- verkehr

Radar-  
Detektor

Wärmebild-  
& Infrarot-  
Detektor

Induktiv-  
schleifen-  
-Detektor

Magnetfeld-  
Detektor

Video-  
Kamera

# Induktivschleifendetektor

(die bewährteste und am häufigsten verbreitete Erfassungstechnik)

## Vorteile:

- Geringe Anschaffungskosten
- automatische Kompensation der Detektoren bei Änderungen der Schleifeninduktivität durch Temperatur oder Feuchtigkeit
- geringe Anfälligkeit gegenüber äußeren Einflüssen (Witterung, Vandalismus)

## Nachteile:

- aufwendige bauliche Maßnahmen
- aufwendige Wartungen
- Neuverlegung bei Straßenbaumaßnahmen

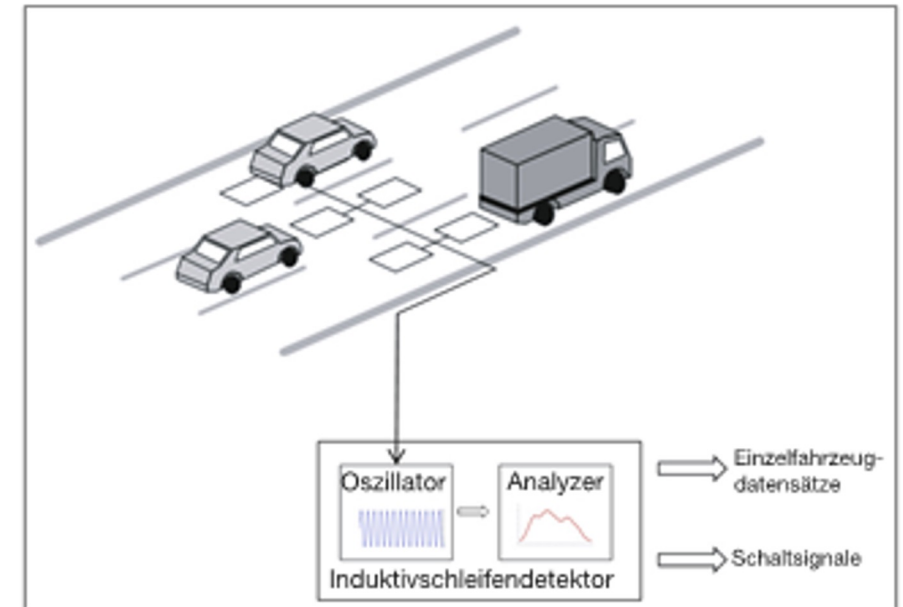


Bild 17: Grundprinzip Doppel-Induktivschleifendetektor

# Magnetfelddetektoren

Fahrzeuge werden durch die Störung eines vorgegebenen Magnetfeldes erfasst (Fahrzeug und seine Bewegung ermittelbar)

Das Messprinzip (Messung der magnetischen Flussdichte) basiert auf zwei Messverfahren:

## Bei Magnet-Wechselfeld-Detektoren:

- Die Veränderung eines magnetischen Wechselfeldes wird durch die Metallteile eines Fahrzeuges oder die Übertragung von Informationen durch ein vom Fahrzeug selbst erzeugtes Wechselfeld hervorgerufen

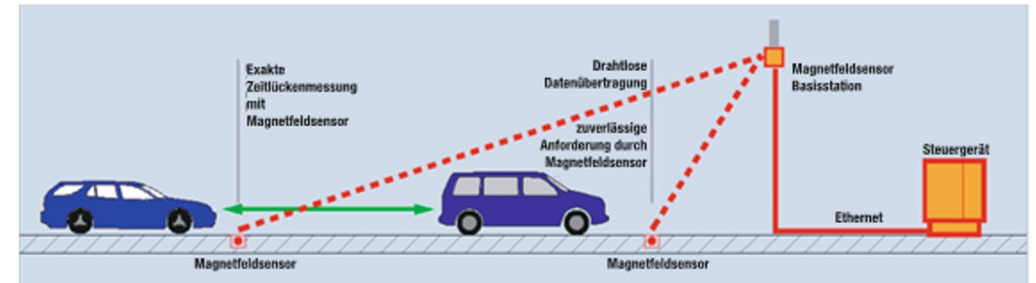


Bild 18: Grundprinzip Magnetfelddetektor

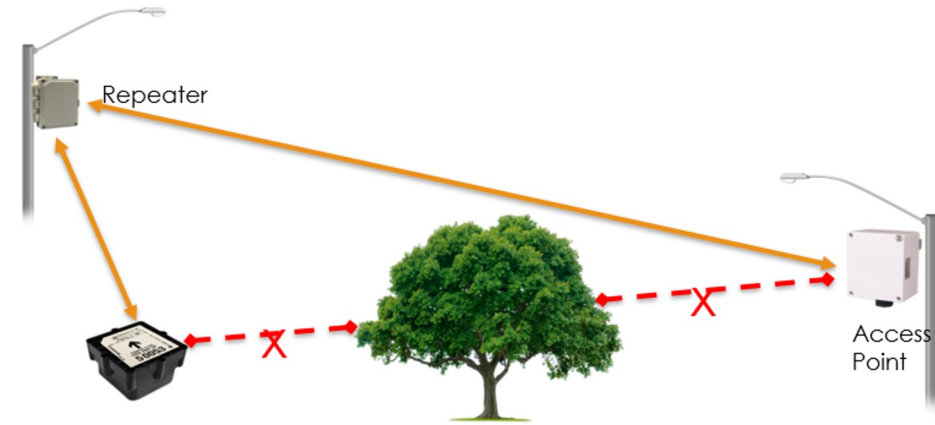
## Bei Magnet-Gleichfeld-Detektoren:

- Die Veränderung wird durch die Metallmasse eines Fahrzeuges erzeugt

# Magnetfelddetektoren

## Vorteile:

- Hohe Lebensdauer
- Geringe Ausfallwahrscheinlichkeit
- Geringer Wartungsaufwand
- Resistent gegen witterungsbedingte Einflüsse



## Nachteile:

- sehr aufwendig / ggf. Wiederholung notwendig
- Detektion von Fahrzeugen ohne ferromagnetische Materialien nicht möglich
- mögl. Fehlerfassungen durch Fahrzeuge auf der Gegenfahrbahn

# Wärmebild- und Infrarotdetektoren

## Aktivinfrarotdetektoren:

- Prinzip der Laufzeitmessung (gepulste Infrarotwellen), es werden gepulste Infrarotwellen ausgesendet

## Passivinfrarotdetektoren:

- Prinzip der kontaktlosen Temperaturmessung: reagieren auf Wärmestrahlung, aber erzeugen sie nicht selbst)



# Wärmebild- und Infrarotdetektoren

Geeignet für:

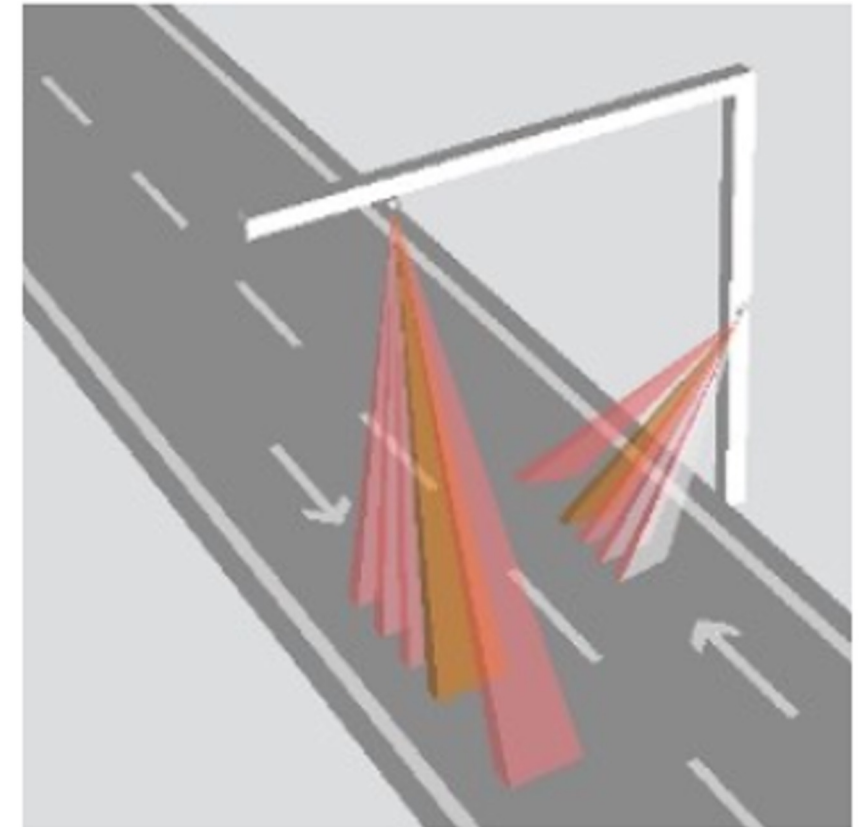
- kurzfristige Anwesenheitsdetektion von stehenden Fahrzeugen
- automatische Freigabezeit-Verlängerung bei Fußgängerquerungen
- Fußgängererkennung

**Vorteile:**

- Geringer Montage- und Wartungsaufwand
- Robust gegenüber Witterungseinflüsse

**Nachteile:**

- Abschattungsprobleme bei schräger Ausrichtung und dichtem Verkehr
- Bei geringen Temperaturdifferenzen wird die Messgenauigkeit negativ beeinflusst



# Videodetektoren

- Erkennung von Veränderungen in bestimmten Bereichen (virtuellen Schleifen) des mittels einer Kamera erfassten Videobildes gegenüber einem Referenzbild durch Bildung eines Differenzbildes (Tripwire-Verfahren)

oder

- der Erkennung (Segmentierung) und Verfolgung von Merkmalen/Objekten wie z. B. Fahrzeugen (Tracking-Verfahren)

Die „virtuellen Schleifen“ (Marken/Detektionszonen) auf dem Bildschirm des Videobildes erfassen die Belegung oder Durchfahrtszeiten der einzelnen Fahrzeuge anhand einer Belegungsabfrage der festgesetzten Zonen.





# Videodetektoren

Erfassbare Verkehrsdaten und Einsatzbereich:

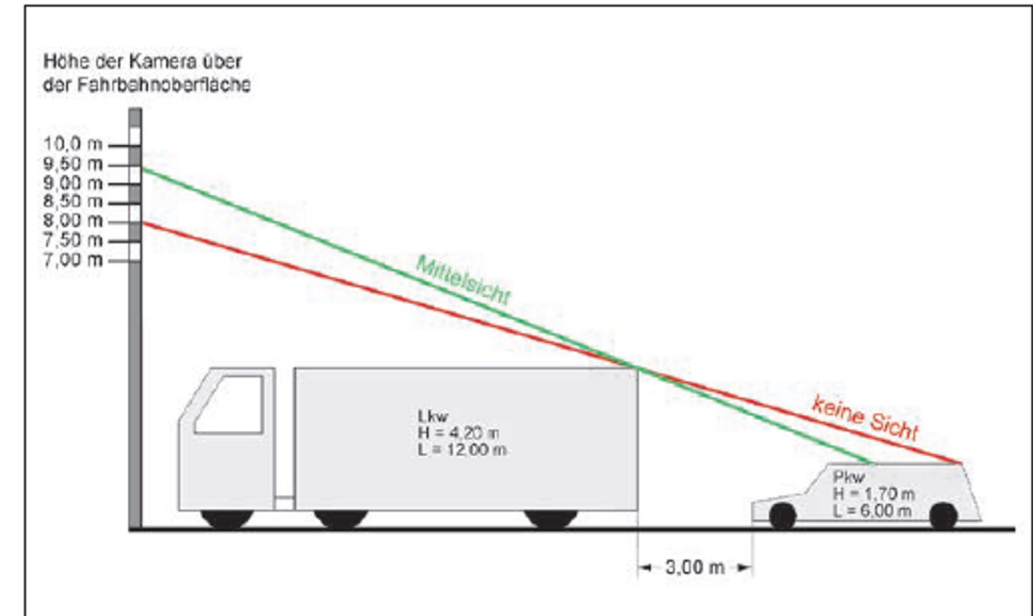
- Fahrzeugzählung
- Geschwindigkeiten
- Rückstaulängen
- Zeitlücken zwischen Fahrzeugen

## Vorteile:

- Kostenvorteile durch die Abdeckung mehrerer Fahrstreifen
- Hohe Flexibilität

## Nachteile:

- Auf die Sichtbarkeit der zu detektierenden Objekte angewiesen (witterungs- und lichtabhängig)
- Abschattungsprobleme bei schräger Ausrichtung und dichtem Verkehr



# Radardetektoren

- Basieren auf der Objekterkennung per Mikrowelle (1 bis 100 GHz)
- Es werden aktive Radarsysteme eingesetzt, die Mikrowellen selbst erzeugen
- Die ausgesendeten Wellen werden in einem vorbeifahrenden Fahrzeug reflektiert und von der Empfangsantenne des Detektors empfangen (Frequenzänderung durch die Bewegung des Fahrzeugs)
- Erfassung der Verkehrsstärken, Geschwindigkeiten, Zeitlücken und Fahrzeugklassen (Anmeldung von Zweirädern o. Ä. und Variation der Freigabezeit möglich)

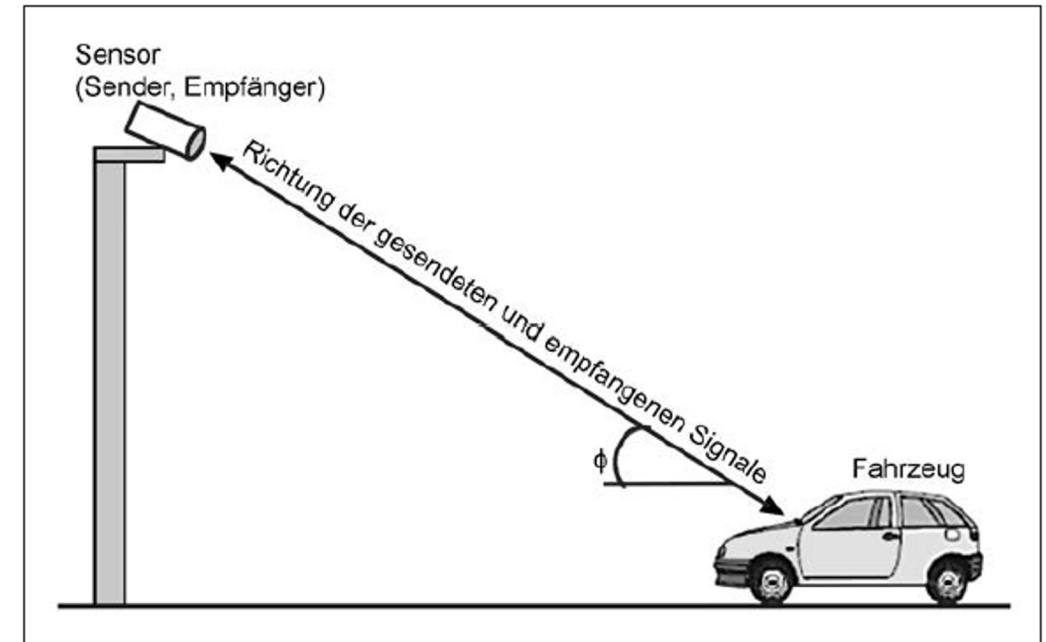


Bild 2-4: Vereinfachte Darstellung der Geschwindigkeitsmessung mit Radarsensor (LISTL, 2003)

# Radardetektoren

## Vorteile:

- Relativ einfache Installation durch die Anbringung der Detektoren an Masten
- Geringer Wartungsaufwand
- Sehr ausgereifte und erprobte Systeme
- große Reichweite des Erfassungsbereichs
- Hohe Flexibilität bei Änderung der Fahrstreifen

## Nachteile:

- Nur bewegte Objekte können erfasst werden
- Mögliche Probleme bei Witterung, Reflexionen, Radarschatten, Fehlanmeldungen durch Fußgänger

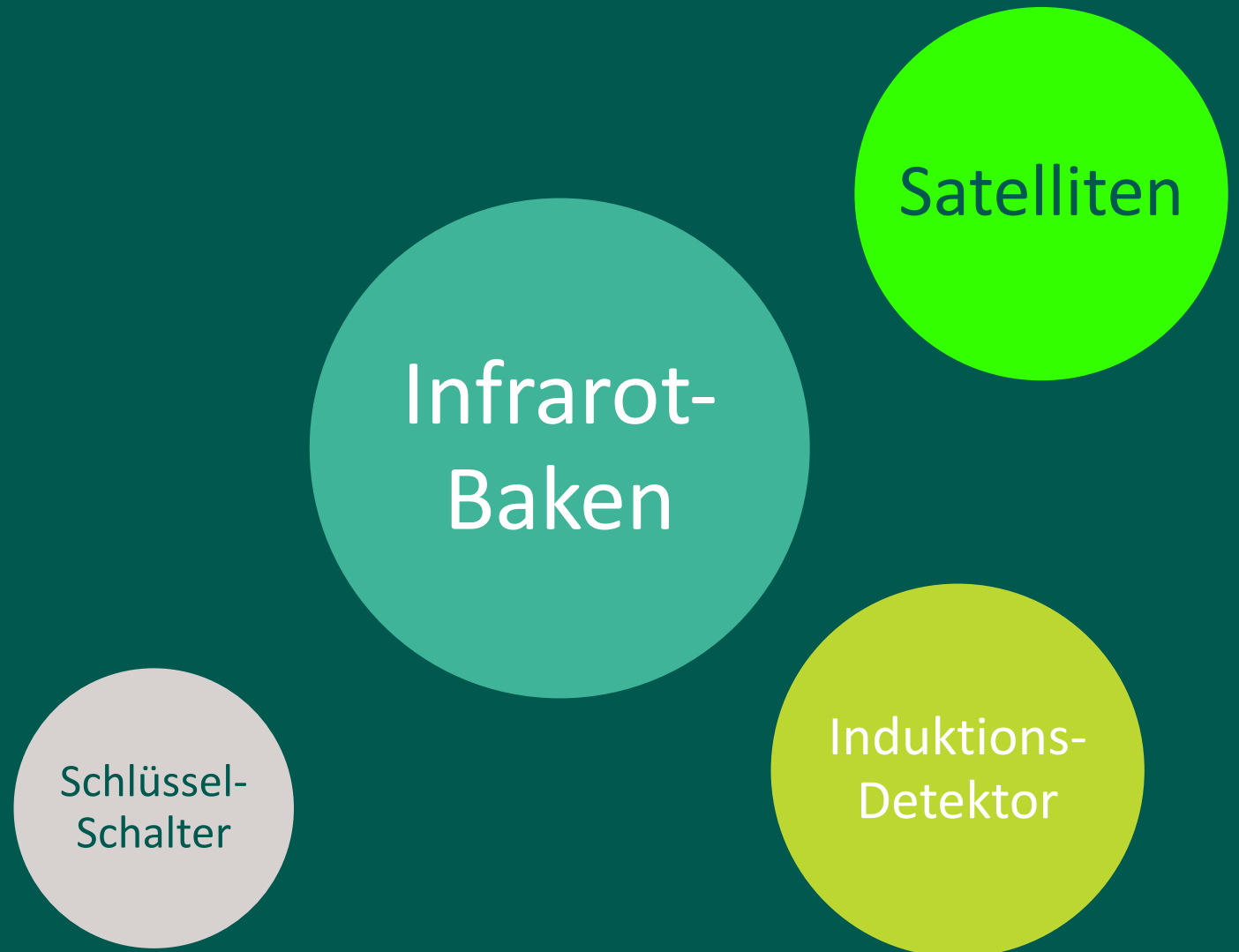


# Zusammenfassung

## Laut Herstellerangaben erfassbare Kenngrößen der verschiedenen Detektoren

	ISD Induktions- schleifendet.	RD Radar- det.	VD Videodet.	WBD Wärme- bilddet.	MFD Magnet- felddet.
Anforderung oder Verlängerung der Grünphase	+++	+++	+++	+++	+++
Richtungsabhängige Fahrzeugerkennung	+++	+++	+++	+++	+++
Präsenzerkennung von stehenden Fahrzeugen	+++	+++	++	+++	+++
Signalausgabe zur Fahrzeugzählung	+++	+++	++	+++	+++
Klassifizierung Bus/Lkw oder Pkw/Lkw	+++	+		+++	++
Klassifizierung Fahrrad/Andere	+			+++	
Geschwindigkeitserfassung	+	+++		+++	++
Fahrradzählung	+		+	+++	
Fahrzeugklassifizierung	++	++		+++	+
Fahrzeuginnenlängeerfassung	+			+++	
Stauererkennung		+++		+++	+
Legende: +++ Hauptanwendung ++ geeignet/brauchbar + bedingt geeignet					

# Technologien für den ÖPNV



# Infrarotbaken

## Funktionsweise:

- Fahrzeuge besitzen Infrarotempfänger und Funkmodule
- Infrarotbaken werden im Straßenraum, z.B. an Beleuchtungsmasten angebracht
- LSA-Steuergeräte besitzen Funkempfänger

## Kenngrößen:

- Entfernung des Fahrzeuges von der Haltelinie der LSA
- Ermittlung der Restfahrzeit bis zur Haltelinie
- Voranmeldung, Hauptanmeldung, ggf. Türschließung, Abmeldung

## Vorteile:

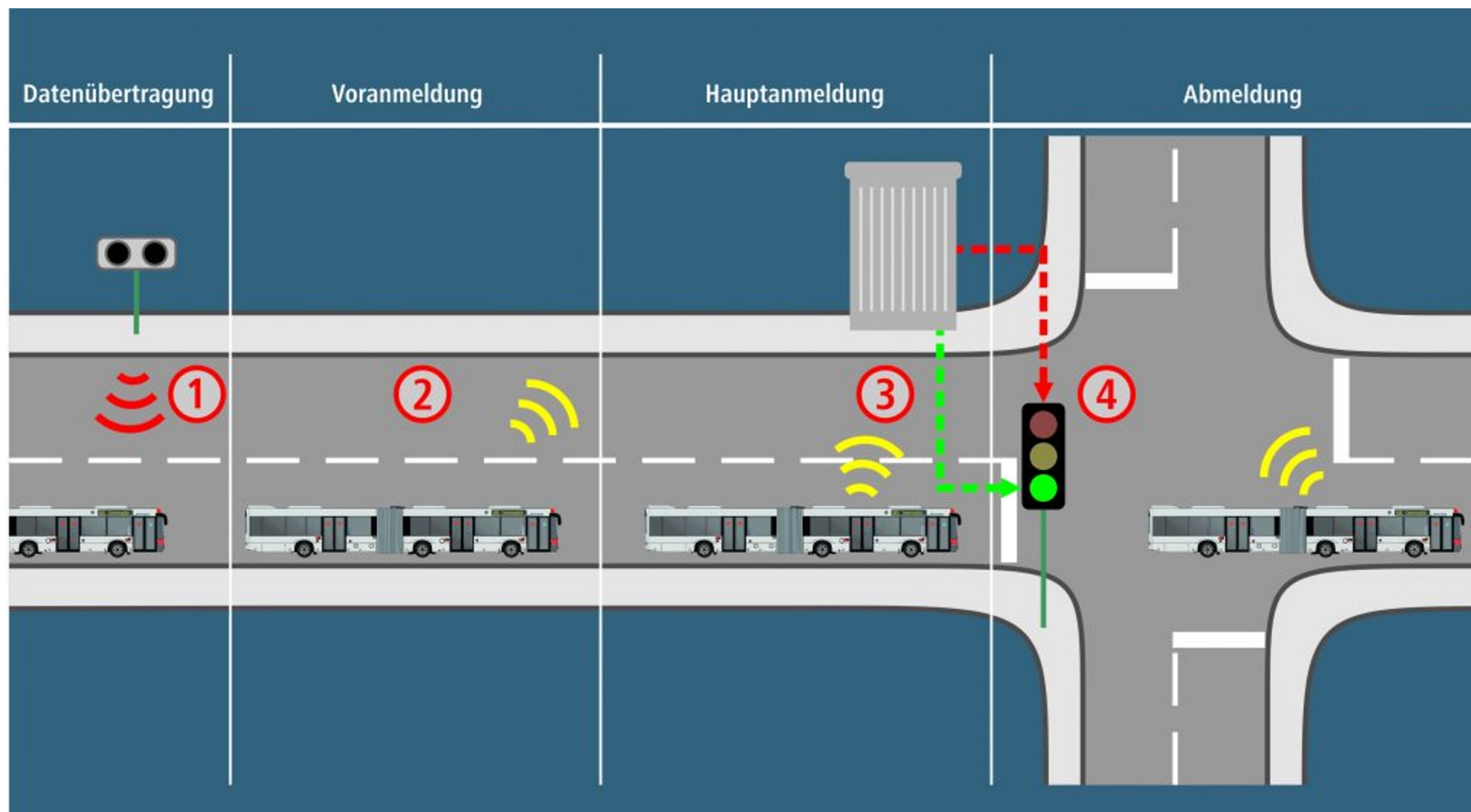
- bewährtes System, relativ hohe Zuverlässigkeit, keine Eingriffe in den Straßenraum

## Nachteile:

- Abhängigkeit von der Funkempfangsqualität, fehlende Meldepunkte (z.B. bei Abmeldungen führen zu Verzögerungen in der LSA-Schaltung)



# Infrarotbaken



# Induktionsdetektoren

## Funktionsweise:

Zugbeeinflussungssystem für Fahrsperrn, Weichensteuerung und LSA-Beeinflussung, induktive Kopplung von Sende- und Empfangsspulen, die am Fahrzeug und zwischen den Schienen angebracht sind

## Kenngößen:

Anwesenheit

## Vorteile:

Integration der Induktiven Weichensteuerung (z.B. bei Bahnen in mehreren Richtungen) zur Überprüfung der korrekten Weichenlage zum Signal möglich

## Nachteile:

magnetisches Feld kann durch Umfeldeinflüsse gestört werden, Spule anfällig für Beschädigung und Vandalismus





# Satelliten

Bei Satellitensystemen senden die Fahrzeuge des ÖV oder andere dafür ausgerüstete Fahrzeuge wie Feuerwehr und Rettungskräfte ihre Daten per GPS

## **Funktionsweise:**

GPS-basierte Lokalisierung der Fahrzeuge (OBU) und Sendung der Telegramme an Steuergerät oder Zentrale

## **Kenngößen:**

vergleichbar mit Infrarotbaken

## **Vorteile:**

Kommunikation über einen gesicherten VPN-Tunnel zum Server, verschiedenste Mobilfunksysteme (UMTS, HSDPA, GPRS, EDGE)

## **Nachteile:**

vergleichbar mit Infrarotbaken – abhängig von der Funkempfangsqualität



# Schlüsselschalter

## **Funktionsweise:**

mechanisches Schloss oder Taster als Rückfallebene zur Anforderung des ÖV bei Ausfall von Meldepunkten

## **Kenngroße:**

Impuls

## **Vorteile:**

robuste, bewährte Technik

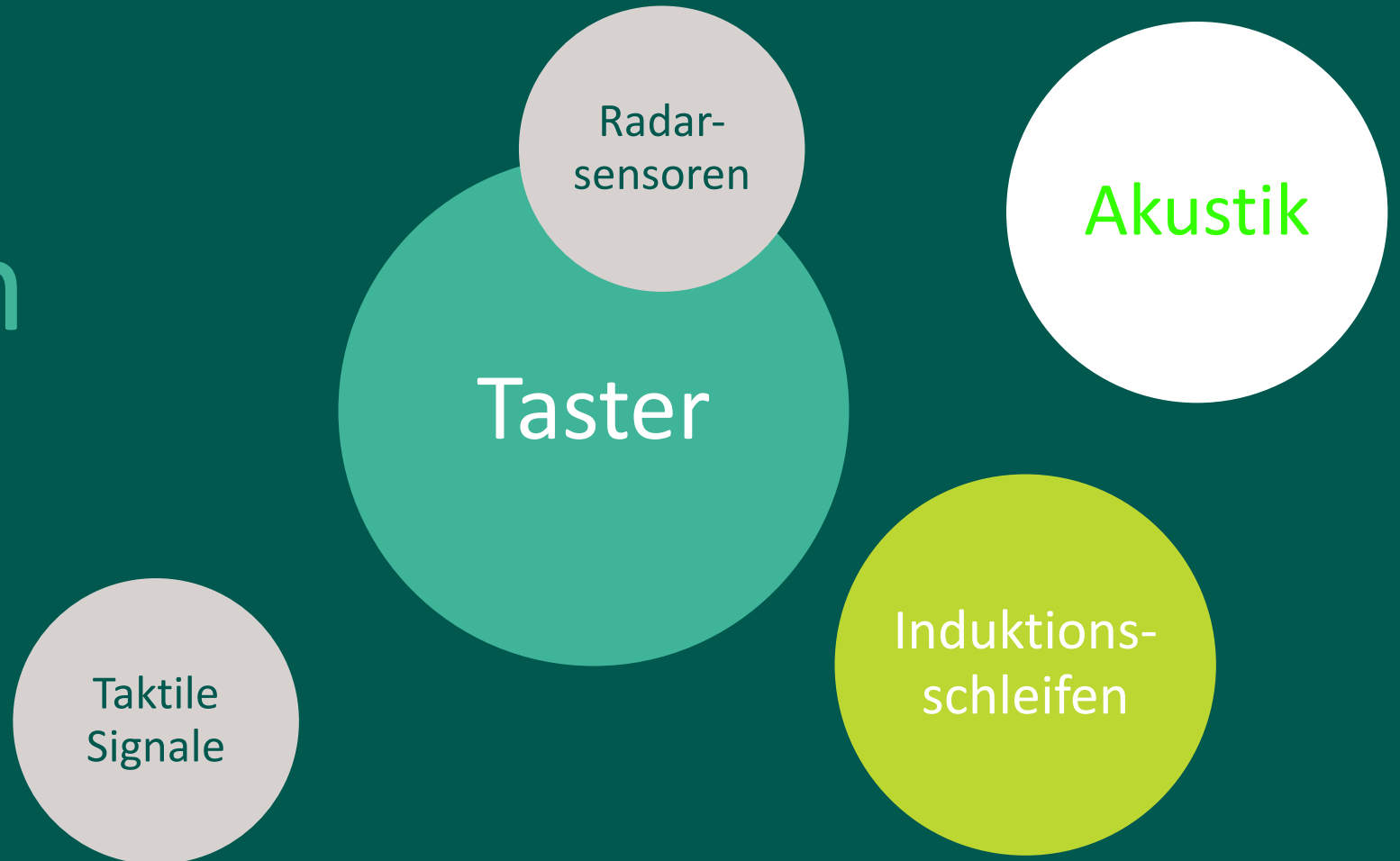
## **Nachteile:**

mechanische Verschleißerscheinungen

**Neu: NFC-Technologie ist berührungslos**



# Technologien für den nicht motorisierten Individual- verkehr



# Taster

## Funktionsweise:

mechanischer Taster oder Sensortaster (mit zusätzlichem potenzialfreien Kontakt möglich)

## Kenngößen:

Anforderung (Anwesenheit)

## Vorteile:

passt sich automatisch den äußeren Gegebenheiten (z.B. Regen, Schnee oder Eis) an

## Nachteile:

anfällig für Vandalismus, Kontakt erforderlich

NEU: berührungsloser Radar-Taster, der im Bereich bis 70cm Entfernung eine Anforderung kontaktlos auslöst



# Zusatzeinrichtungen für sehbehinderte Menschen

## Akustik und Vibration

### **Orientierungssignal**

Zum Auffinden des Signalgebermastes und der Fußgängerfurt wird durch einen Schallgeber ein Tackgeräusch im Dauerbetrieb erzeugt. Dieses Signal muss sich deutlich vom Freigabesignal unterscheiden.

### **Freigabesignal**

Dieses Signal dient zur akustischen Erkennung der Grünphase. Entsprechend DIN 32981 ist dieses Signal als getaktetes harmonisches Signal mit einer Taktfrequenz von  $4 \text{ Hz} \pm 0,2 \text{ Hz}$  einzusetzen.

### **Vibrationstaster**

Der vibrierende Taster meldet die Freigabe, in der Regel ergänzend zum akustischen Signal. Ein Pfeil informiert gleichzeitig über die Gehrichtung, ein Querstrich auf dem Pfeil deutet eine Mittelinsel an. Taster mit Pfeil befinden sich meist auf der Unterseite des Gehäuses von "normalen" Anforderungstastern oder als eigenständiges Gerät bei Lichtsignalanlagen ohne Anforderungstaster (zum Beispiel bei verkehrsabhängig gesteuerten Anlagen).



# Induktionsschleifen

## Funktionsweise:

wie bei Induktionsschleifen für KFZ; spezielle Schleifenform 45 Grad auf dem Radweg notwendig

## Kenngrößen:

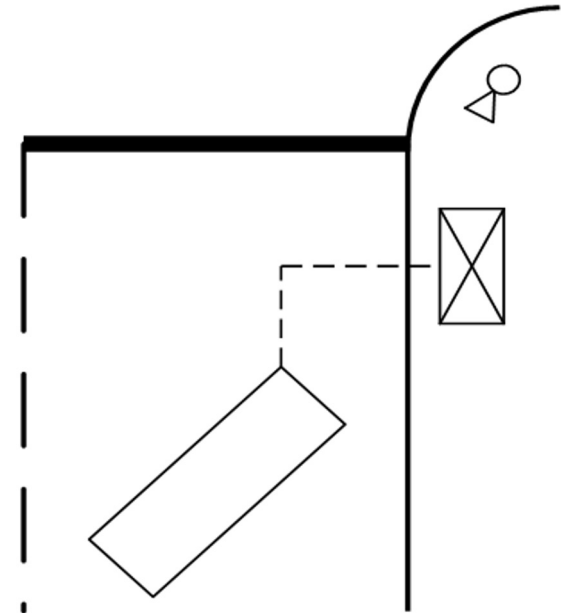
Anwesenheit, Zeitlücke

## Vorteile:

bewährte Detektionstechnik, es kommen nur äußerst geringe Schleifenverstimmungen zustande, deshalb muss der Detektor sehr empfindlich eingestellt werden

## Nachteile:

durch sensible Einstellung sind Beeinträchtigungen durch nah vorbeifahrende Kfz möglich



# 04

## Neueste Technologien

Kommunikation zwischen Fahrzeugen und der Infrastruktur



# Roadside Unit / On-Board Unit

- drahtlose Kommunikation zwischen Straßeninfrastruktur und On-board Units (OBUs)
- bidirektionale Kommunikation über die RSU ermöglicht sowohl die Übermittlung von Informationen (z. B. Geschwindigkeits-begrenzungen) als auch den Empfang von On-board-Nachrichten in Echtzeit.
- RSU liefert wichtige Daten für ein genaueres Bild der aktuellen Verkehrssituation und ermöglicht so eine effizientere Verkehrssteuerung, eine deutliche Reduzierung der Unfallzahlen und eine noch stärkere Reduzierung der Emissionen
- regelmäßige Bedrohungs- und Risikoanalysen (KRITIS-Konformität)





# Roadside Unit / On-Board Unit



## Hauptziel ist:

- die Möglichkeiten der KI für die Mobilität der Zukunft auf der Basis von Plattformökonomie zu entwickeln und praktisch zu erproben

## weitere Ziele:

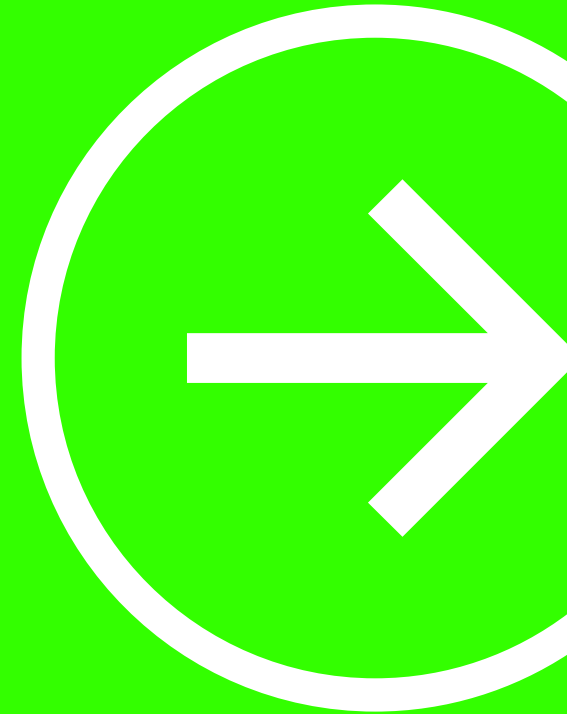
- Schaffung technologischer Innovationen für den Alltag
- Bereitstellung der benötigten Infrastruktur
- Erprobung und Validierung autonomer Fahrzeuge auf dem Testfeld
- Etablierung einer Plattformökonomie für die neue Mobilität
- Öffentliche Präsentation der autonomen Mobilität in einer realen Umgebung zur Einbindung der Öffentlichkeit

TU Berlin  
**Projektförderer:**  
Bundesministerium für  
Digitales und Verkehr

# 05

## Selbstlernende Systeme

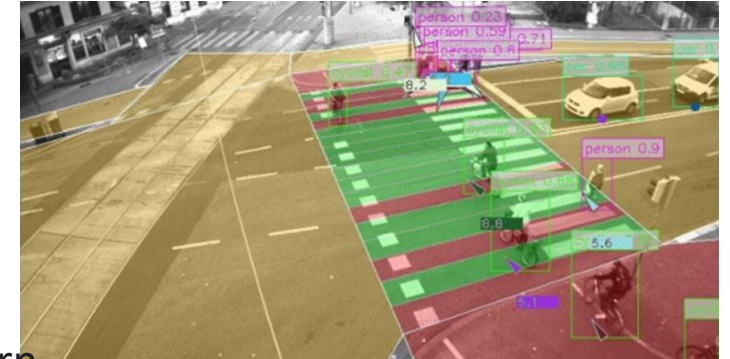
Das intelligente selbstlernende Kamerasystem – ein  
Beispiel der Zukunft



# Intelligente Kamerasysteme

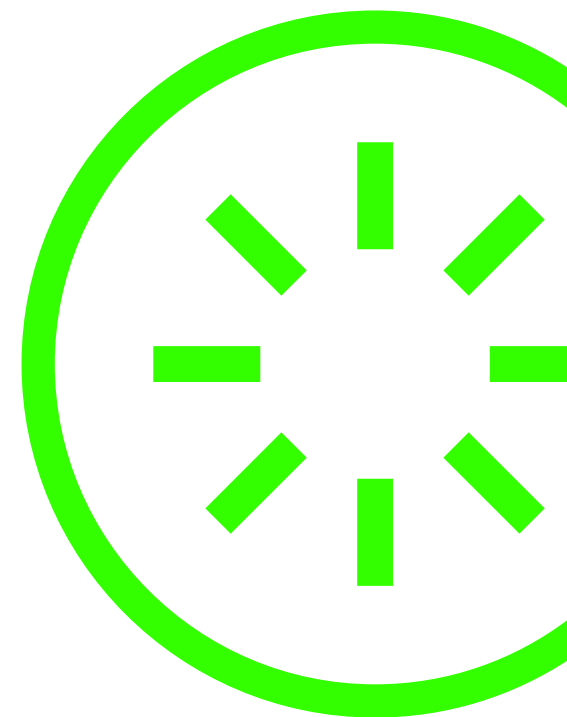
## Intelligentes Kamerasystem mit künstlicher Intelligenz zur Erkennung und Verfolgung von Fahrzeugen und zu Fuß Gehenden

- Fokus auf Erkennung, Klassifizierung und Verfolgung von Verkehrsteilnehmern, einschließlich Fußgänger, Fahrräder, Autos, Lastwagen und Bussen
- Alle Aufgaben werden innerhalb der lokalen Verarbeitungseinheit ausgeführt
- Gewährleistung des höchsten Datenschutzniveaus, anonymisierte Informationen werden von externen Systemen verarbeitet
- Die künstliche Intelligenz-Engine ermöglicht dabei eine selbstlernende immer höhere Detailgenauigkeit in der Klassifizierung, Bewegungsrichtung der einzelnen Objekte und Geschwindigkeit



# 06

## Bibliographie



# Literatur

1. „BeIntelli.“

<https://www.tu.berlin/logistik/forschung/forschungsarbeit/aktuelle-forschungsprojekte/beintelli> (letzter Zugriff 22.05.23)

2. Hinweise zu Detektionstechnologien im Straßenverkehr, FGSV Verlag: Köln, Okt. 2019

3. Produktschriften der Hersteller FEIG, Sensys Networks, RTB, Langmatz, Yunex Traffic, Swarco

4. „Vergleich der Detektoren für die Verkehrserfassung an signalisierten Knotenpunkten“ in: bast / Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen, Heft V 336, Bergisch Gladbach: Sept. 2020

## Katharina Marienhagen

Geschäftsführerin

GB infraSignal GmbH

### Kontakt

T: +49 30 40 902 - 123

[katharina.marienhagen@infrsignal.de](mailto:katharina.marienhagen@infrsignal.de)

[www.infrsignal.de](http://www.infrsignal.de)

GB infraSignal GmbH

Rudower Chaussee 13

12489 Berlin



Vielen Dank!

