

Einleitung

Am 22.03.2024 wurde in Zusammenarbeit mit der Provinz Groningen, smartmicro und Verkeersinfo eine Versuchsreihe zur Verkehrserkennung mithilfe eines Radars (Typ 132) und einer Schnittstellenkarte (CRO) von smartmicro an der Ampelanlage Ruischerbrug gestartet. Ziel war es, zu prüfen, inwieweit dieser Radar (und sein Nachfolger TOPGRD) für den Einsatz in Verkehrssteuerungsanlagen mit den in den Niederlanden verwendeten Detektionskonfigurationen geeignet ist. Anlass war der Ersatz älterer visueller Kameras.



Es handelt sich um den östlichen Arm der Ampelanlage Rijksweg/Noordijkerweg (Objekt-ID VR02 Ruischerbrug) in Groningen. Dies ist eine wichtige Zufahrtsstraße aus dem Osten in die Stadt und zu den Ringstraßen.

Die kooperierenden Parteien

Drei Parteien haben konstruktiv und proaktiv an diesem Versuch zusammengearbeitet.

1) Die Provinz Groningen

Die Provinz Groningen stellte die Testinstallation innerhalb dieser Ampelanlage zur Verfügung. Mit eigenen Mitarbeitern (ohne externe Installateure) wurde der Radar verkabelt und an einem Ausleger montiert und angeschlossen. Zudem wurde eine zusätzliche VPN-Verbindung zwischen diesem Radar und dem liefernden Unternehmen smartmicro eingerichtet. Schließlich wurde mehrmals VLOG-Information gesammelt und zur weiteren Analyse weitergeleitet.

2) smartmicro

Das deutsche Unternehmen smartmicro aus Braunschweig liefert innovative Technologie mit Spezialisierung auf Radar-Anwendungen zur Verkehrserkennung. Es stellte den Radar mit Schnittstelle, den Anschluss in der Steuerungsautomatik, Unterstützung bei der Installation und die Optimierung dieses Radars für die gewählte Anwendung bereit.

3) Verkeersinfo

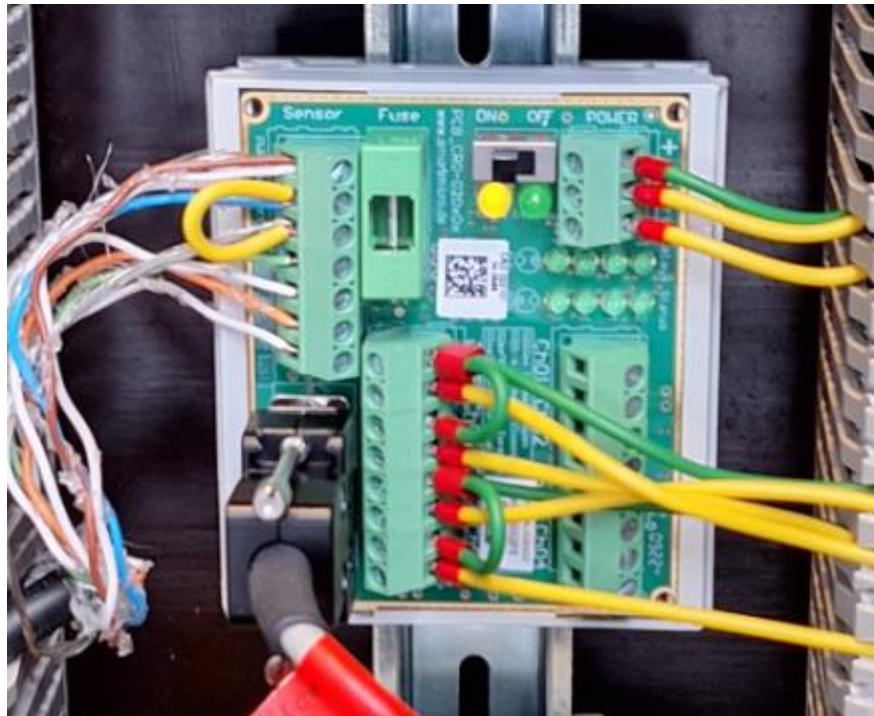
Verkeersinfo unterstützte die Implementierung in der Verkehrssteuerungsautomatik (ohne Anpassung der Prozesssteuerungs- und Anwendungssoftware). Zudem führte Verkeersinfo die verkehrstechnische Anwendung durch, optimierte die Funktion und führte die gesamte Evaluierung durch.

Beschreibung des Radars

Der Radar Typ 132 in Kombination mit der Schnittstellenkarte CRO sind in Europa bereits existierende Produkte, die seit 2020 auf dem Markt sind. In den Niederlanden ist dies der erste Einsatz für diese Anwendung.



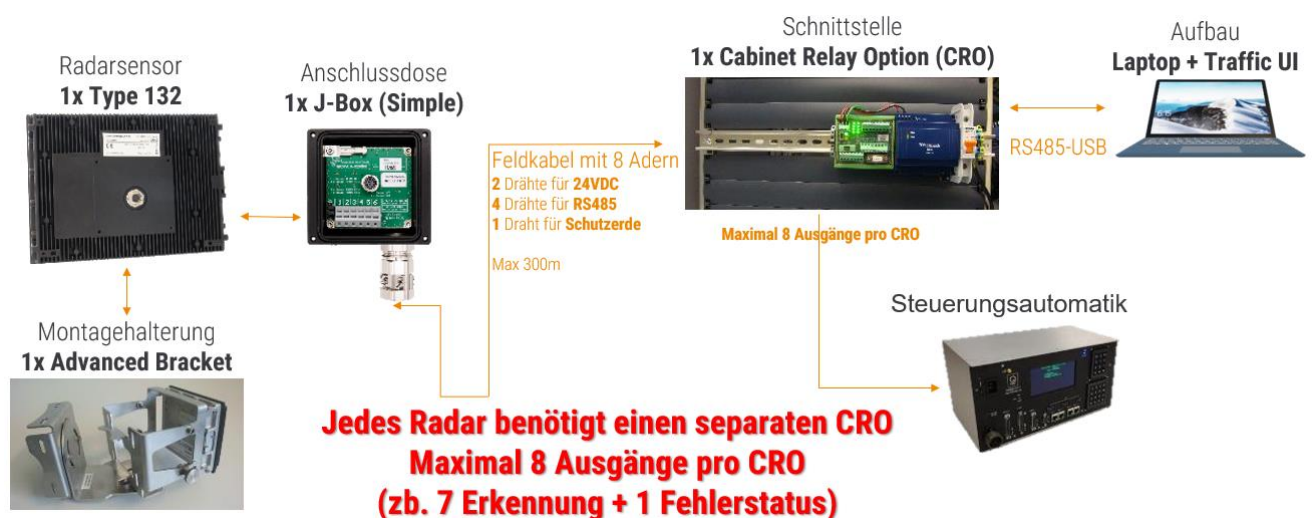
Der Radar ist etwa so groß wie eine Hand. Auf der Montagehalterung, die mit Spannbändern befestigt ist, sind die Markierungen für den Neigungswinkel integriert. Der Neigungswinkel wird bereits im Büro mittels einer Verbindung zwischen dem Konfigurationstool Traffic UI und Google Earth bestimmt. Auf der Kreuzung kann der Neigungs- und Rollwinkel über die Traffic UI mittels eines in den Radar eingebauten Beschleunigungssensors überprüft werden.



Die Schnittstellenkarte (cabinet relay option, CRO)

Dieser Radartyp wurde bewusst gewählt, um erste Erfahrungen zu sammeln, da später in diesem Jahr ein Nachfolger mit noch mehr Möglichkeiten auf den Markt kommt.

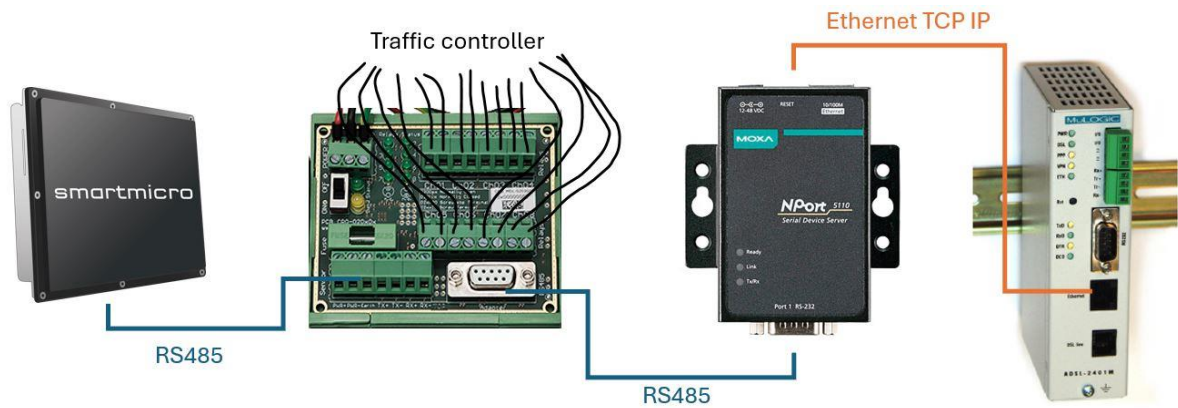
Der Radar kann sowohl seriell als auch über über konditionierte Relaisausgänge kommunizieren. In diesem Versuch wurde die Variante der Relaisausgänge gewählt, da dies eine Lösung ohne weitere Hardware- oder Softwareanpassung der älteren Verkehrssteuerungsautomatik ermöglichte, die nächstes Jahr ersetzt wird.



Dieser Radar kann über das CRO maximal acht Ausgänge steuern und viele Zonen konfigurieren. Die Begrenzung der Anzahl der Ausgänge wird durch das CRO verursacht. Mit der kommenden Schnittstelle „COM HUB Relay 24“ können 24 Ausgänge gesteuert werden.

Über den Tracking-Mechanismus werden alle Verkehrsteilnehmer individuell über die in der Konfigurationssoftware dargestellten Erfassungsbereich verfolgt. Diese Verkehrsteilnehmer erhalten in der Steuerungssoftware des Radars eine eigene eindeutige Identifikationsnummer. Der Mindestabstand zum ersten Detektionsfeld dieses Radartyps ist mit 27 Metern recht groß. Daher ist der derzeitige Radar nicht für alle signalisierten Knotenpunkte geeignet. Aus diesem Grund wird der Nachfolger Ende des Jahres auf den Markt kommen, der bereits ab 15 Metern Entfernung detektieren kann.

Über ein MOXA Nport-Modul wird RS-485 in Ethernet umgewandelt. Ein MuLogic ADSL-Router ermöglicht die Fernverbindung.



Die Anwendung



Die aktuelle Detektionskonfiguration entspricht der traditionellen Konfiguration innerhalb geschlossener Ortschaften, meist eine Eingangsschleife und eine lange Schleife. Ohne Anpassung der Software konnte jedoch die Detektionskonfiguration 'IVER2018' angewendet werden. Dies bedeutet vier Zonen pro Fahrspur mit unterschiedlichen Abständen und Längen im Vergleich zur ursprünglichen Konfiguration. Es handelt sich um zwei Fahrspuren, die geradeaus führende Richtung für den Anschluss an die Automatik, die beiden Abbiegerichtungen und den parallelen Radweg für eine visuelle Kontrolle.

An dieser Kreuzung gibt es Zählschleifen, die keinen Teil der Regelung ausmachen. Vier dieser Schleifen wurden in der Automatik abgekoppelt und für die übrigen vier Zonen in die Detektion und somit auch in VLOG einbezogen, um eine Bewertung durchzuführen. Für die beiden Abbiegerichtungen wurden Zonen für den parallelen Zweirichtungsradweg eingezeichnet, die nicht Teil von VLOG sind, aber vor Ort und über die VPN-Verbindung visuell überprüft werden können.

Die Verkabelung der Zählschleifen wurde getrennt und an die Schnittstellenkarte angeschlossen. Auf diese Weise war eine gute Testinstallation ohne Softwareänderung (nur Parameteranpassungen) und ohne Hardwareänderung möglich, für welche der Anlagenhersteller benötigt worden wäre. Die gleiche Steuerung war auch direkt aus der Verwaltungszentrale MobiMaestro möglich. Die zusätzlichen Detektionszonen hatten keinen Einfluss auf den Verkehrsfluss.

Die Installationsarbeiten



Die Provinz Groningen führte die Installation des Radars in Eigenregie durch. Mit Unterstützung des smartmicro-Supportteams wurde der Radar an dem Ausleger befestigt und angeschlossen. Die bestehenden Kameras wurden teilweise in der Automatik abgekoppelt.



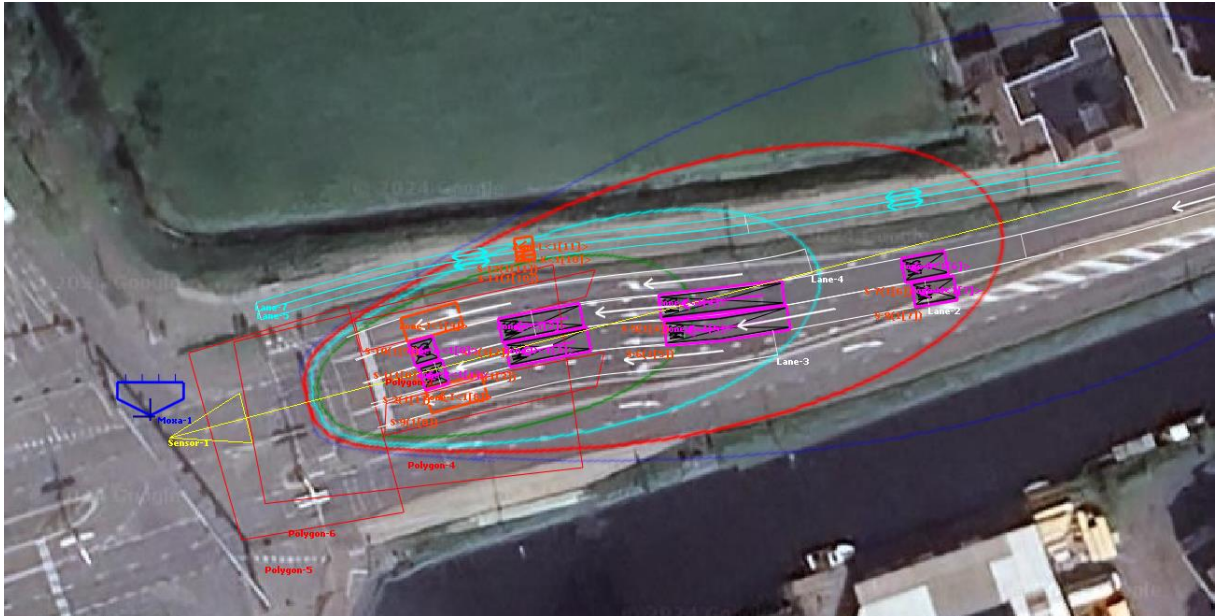
Der Radar neben den bestehenden Kameras.
Aufgrund der großen Abdeckung des Radars wären die verschiedenen Kameras jedoch nicht mehr erforderlich.

Die Wartung und die Instandhaltung

Der Radar erfordert keine Wartung.
Die Instandhaltung besteht aus dem eventuellen Austausch eines Radars oder einer Schnittstelle.
Es gibt nur einen Hardwaretyp, was die Instandhaltung vereinfacht. In derselben Hardware können jedoch mehrere Firmware-Versionen zum Einsatz kommen.

Die Konfiguration

Mit der Konfigurationssoftware „Traffic UI“ wurde die Konfiguration offline mithilfe eines Satellitenbildes von Google Earth erstellt.



Die verschiedenen farbigen Linien zeigen die Erfassungsbereiche an, die abhängig von Position, Montagehöhe und Blickwinkel sind. Diese sind in Traffic UI als Variablen einstellbar, wodurch der Entwurfsprozess bis ins Detail vom Schreibtisch aus möglich ist. Während der Versuchsreihe wurde die Detektion mehrmals über die VPN-Verbindung angepasst, um ein optimales Ergebnis zu erzielen.

- Grün = Fußgänger
- Hellblau = Radfahrer
- Rot = Personenkraftwagen
- Dunkelblau = Lastkraftwagen

Es ist zu sehen, dass mit diesem Radartyp der gesamte Bereich der Kreuzung gemessen werden kann. Dies ist nur möglich, wenn sich die Haltelinie mindestens 27 Meter vom Radar entfernt befindet. Die Installation kann an einem horizontalen Träger oder an einem Mast erfolgen. Die empfohlene Höhe beträgt 6-8 Meter. Um Verdeckung zu minimieren, wird empfohlen, den Winkel des Radars zum Erfassungsfeld zu begrenzen, das heißt, möglichst mittig über dem zu erfassenden Bereich zu installieren.

Wann ist der Versuch erfolgreich?

Die Vereinbarungen hierfür waren folgende:

- Das System muss stabil laufen (keine oder so wenige wie möglich Störungen),
- Die Verkehrsregelung muss weiterhin gut funktionieren,
- Die Verkehrsregelungsanwendung muss auf die übliche Weise mit dem Radar arbeiten können (denken Sie an Detektionseingänge, Belegungszeiten und Lückenzeiten),
- Da Radare nur sich bewegenden Verkehr erkennt und dieser Radar auch für stehenden Verkehr ausgelegt ist, muss die einwandfreie Funktion nachweisbar sein,
- Wenn ein Fahrzeug aufgrund von Verdeckung (ein Fahrzeug neben oder hinter einem hohen Fahrzeug, das dadurch möglicherweise nicht sichtbar ist) ausfällt, muss die Detektion dennoch aktiv bleiben,
- Es ist traditionell schwierig, bei Radar parallel fahrende Fahrzeuge individuell zu erkennen. Mit dieser Lösung muss nachweisbar sein, dass dies korrekt funktioniert,
- Die Detektion muss auch für Zählungen korrekt funktionieren.

Des Weiteren war es wünschenswert, Folgendes zu untersuchen:

- Was ist mit Radfahrern möglich?
- Inwieweit funktioniert die Fahrzeugklassifizierung korrekt?

Der Versuch sollte zwei Monate dauern (April-Mai 2024). Aufgrund einer Ferienzeit wurden daraus drei Monate (April-Mai-Juni 2024).

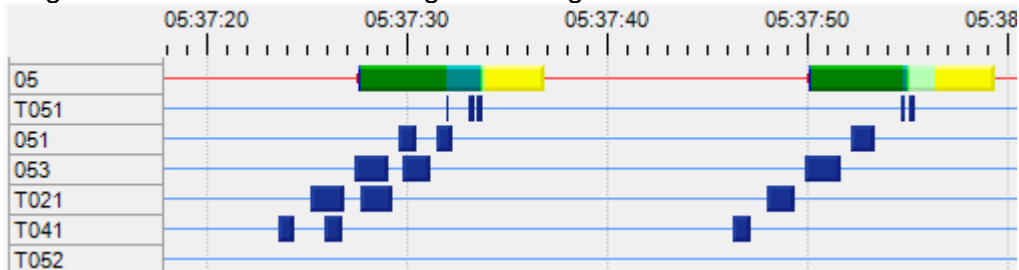
Die Hilfsmittel waren folgende:

- VLOG, bei dem alle Ergebnisse im Detail überprüft wurden,
- MobiMaestro zur Überprüfung der einwandfreien Funktion mittels der Kreuzungsansicht und zur Überwachung von Störungen,
- Traffic UI, das Tool von smartmicro, das sowohl vor Ort als auch über VPN nach Braunschweig die Echtzeitkontrolle aller Verkehrsteilnehmer ermöglichte (dabei sieht man die Fahrzeuge über das Bild fahren).
- Mit dieser Software ist es ebenfalls möglich, die Konfiguration offline im Voraus zu erstellen und Fahrzeugsimulationen vorab vom Schreibtisch aus durchzuführen,
- Begehung vor Ort, bei der der Verkehrsfluss beobachtet und mögliche Unterschiede mit dem Echtzeit-Instrument Traffic UI überprüft wurden, wobei der Laptop über die Schnittstelle verbunden war.

Evaluierungsergebnisse

- **Das System muss stabil laufen (keine oder so wenige wie möglich Störungen).**

Es gab während dieses Zeitraums keinerlei Detektionsstörungen. Das bedeutet, es gab weder Unter- noch Übererkenntnisse. Etwas Überverhalten wird automatisch innerhalb des Radars durch eine Überwachungszeit oder durch das Eintreffen des nächsten Fahrzeugs aufgehoben. Auch die Erkennungsreihenfolge erwies sich in VLOG als korrekt.



Die Reihenfolge des Annäherns zur Haltelinie ist oben dargestellt, wobei T04.1 die am weitesten entfernte Schleife ist. Es handelt sich um vier Zonen des Radars. Eine Kontrollzone war T051, aber das ist eine Kamerazone. Diese zählte (zufällig) zu diesem Zeitpunkt doppelt.

- **Die Verkehrssteuerung muss weiterhin gut funktionieren.**

Dies wurde häufig durch MobiMaestro, eine Begehung und VLOG überprüft. Die Verkehrsregelung funktionierte immer gut und die Verkehrsteilnehmer werden nicht bemerkt haben, dass die Steuerung anders funktionierte.

- **Die Verkehrssteuerung muss auf die übliche Weise mit dem Radar arbeiten können (denken Sie an Detektionseingänge, Belegungszeiten und Lückenzeiten).**

Dies stellte sich tatsächlich als korrekt heraus, und somit arbeiteten die zuvor geänderten Parameter-Einstellungen sofort korrekt.

Wahrscheinlich können die Lückenzeiten noch präziser sein, da der Radar sehr genau signalisiert. Dies wurde jedoch nicht weiter ausprobiert.

Die Lückenzeiten wurden jedoch an die umfangreichere Detektionskonfiguration angepasst, wie sie konfiguriert wurde.

- **Da Radare nur sich bewegenden Verkehr erkennt und dieser Radar auch für stehenden Verkehr ausgelegt ist, muss die einwandfreie Funktion nachweisbar sein.**

Dies zeigte sich bereits bei der Inbetriebnahme. Der stehende Verkehr stimmte mit dem Kreuzungsbild in der Automatik und der Echtzeit-Tool Traffic UI überein.

Aufgrund der zuvor genannten Punkte waren die VLOG-Daten ebenfalls in Ordnung.

Es besteht hier jedoch Verbesserungspotential, und es könnte auch wünschenswert sein. In einigen Fällen blieb eine Zone bei gestopptem Verkehr kurz hängen, ohne dass noch Verkehr vorhanden war. Dies wurde jedoch automatisch durch die Überwachungszeit oder durch das Eintreffen eines nächsten Fahrzeugs gelöst.

In VLOG wurde untersucht, wie dieses Problem gelöst werden kann. Eine Lösungsmöglichkeit besteht in der Anwendung von bedingten Ausgaben (conditioned outputs), die Option wurde mit smartmicro besprochen und ist auf diese Weise definitiv lösbar.

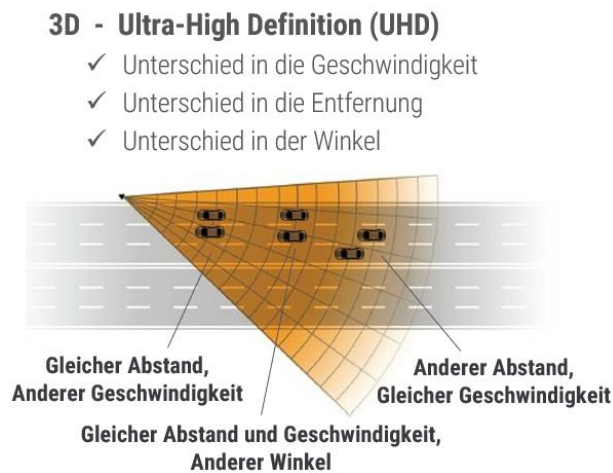
Übrigens ist es, soweit bekannt, das erste Mal, dass so tiefgehend die Korrektheit der Detektion untersucht wurde. Es könnte durchaus sein, dass physische Detektionsschleifen oder Kameradetektionen in diesem Bereich schlechter abschneiden.

- **Wenn ein Fahrzeug durch Verdeckung (ein Fahrzeug, das sich neben oder hinter einem hohen Fahrzeug befindet und daher möglicherweise nicht sichtbar ist) verloren geht, muss die Erkennung trotzdem aktiv bleiben.**

Das hat sich tatsächlich bestätigt. Sowohl neben einem hohen Fahrzeug als auch hinter einem hohen Fahrzeug bleibt die Erkennung aktiv. Der Grund dafür ist, dass der Tracking-Mechanismus jedes einzelne Fahrzeug verfolgt und ein Fahrzeug die Zone verlassen muss, bevor es aus der Erkennung verschwindet.

- **Mit Radaren ist es schwierig, nebeneinander fahrende Fahrzeuge einzeln zu erfassen. Mit dieser Lösung soll nachgewiesen werden, dass dies korrekt funktioniert.**

Dies funktioniert korrekt und dies war eine positive Überraschung. Die Anwendung eines 3D-Mechanismus macht dies möglich. Dabei werden die Geschwindigkeit (Speed), die Entfernung (Range) und der Winkel zum Sensor (Azimut) jedes Fahrzeugs erfasst. Dies wurde sowohl während der Begehung, in Traffic UI als auch in VLOG bestätigt.



- **Die Detektion muss korrekt funktionieren, auch für Zählungen.**

Dies ist besonders wichtig für die genaue Zählung an Haltelinien und im Fernbereich. Die Anwendung erstreckt sich auf die Zählung an Haltelinien, Netzwerkinstrumente und adaptives Steuern der Lichtsignalanlage.

Das Ergebnis ist nicht immer korrekt, da es keine Vergleichswerte mit physischer Detektion und Kameradetektion gibt. Die exakte Abweichung ist nicht bekannt, da keine visuelle Zählung durchgeführt wurde. Stichproben in VLOG ergaben eine Abweichung von weniger als 10%.

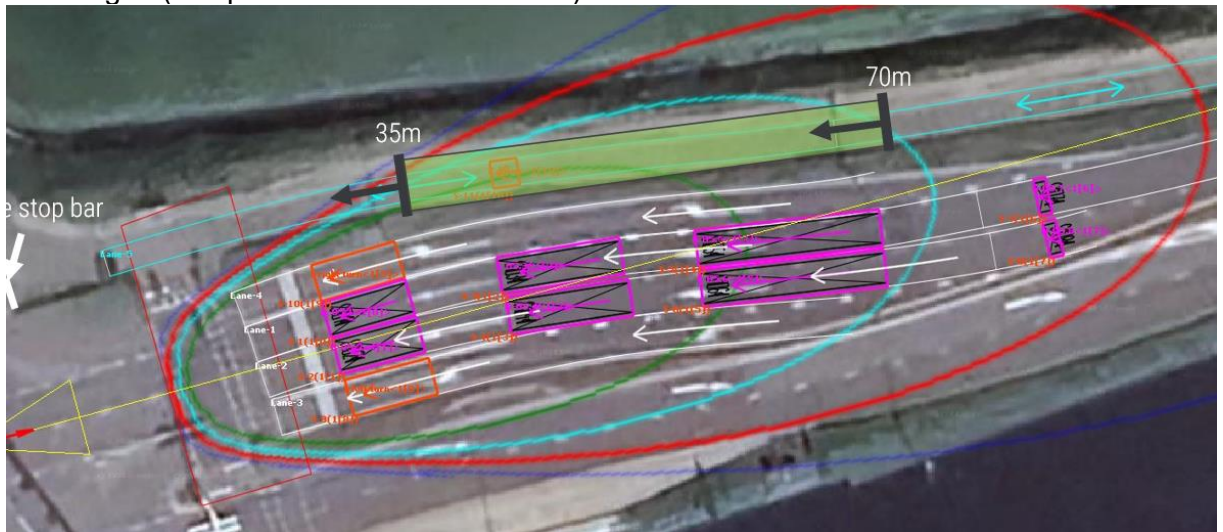
Durch bedingte Ausgaben (eine Mindestintervallzeit vor dem Senden einer weiteren Ausgabe) lässt sich dieses Problem nahezu vollständig lösen. Diese Erkenntnisse wurden entsprechend an smartmicro weitergegeben.

- **Was ist bei Radfahrern möglich?**

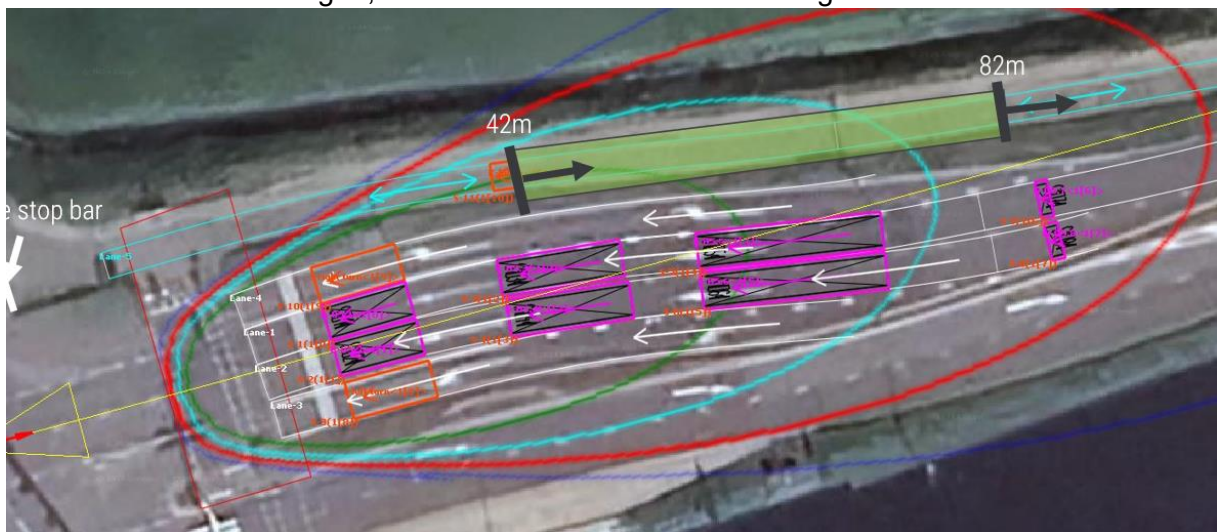
Das war für diesen Standort kein Hauptziel, wurde jedoch in die Untersuchung einbezogen. Interessant zu wissen ist:

- Was ist der Erfassungsbereich für Radfahrer?
- Ist die Erkennung sowohl für aufkommende als auch für abfahrende Radfahrer möglich?
- Kann der Ankunftszeitpunkt der Radfahrer konfiguriert werden?
- Ist die Zählung mehrerer Radfahrer gleichzeitig möglich?
- Inwieweit stimmt der blaue Bogenradius für den Erfassungsbereich von Radfahrern in Traffic UI?

Die blaue Linie in Traffic UI funktioniert vollständig korrekt für den entgegenkommenden Radfahrer. Der Erfassungsbereich für Radfahrer bei diesem Radartyp liegt bei 35 bis 70 Metern Entfernung von dem Radarsensor für Radfahrer, die sich auf die Radarstation zubewegen (entsprechend der blauen Zone).



Der Erfassungsbereich für Radfahrer liegt bei 42 bis 82 Metern Entfernung von dem Radarsensor für Radfahrer, die sich von der Radarstation wegbewegen (der letzte Wert liegt etwas außerhalb der blauen Zone). Einige Radarzyklen sind erforderlich, um den Fahrradfahrer zu bestätigen, wobei er auch etwas weiter verfolgt werden kann.



Wie bei der Fahrzeugerkennung erfasst der Radar sowohl Radfahrer, die sich auf den Radarsensor zubewegen, als auch solche, die sich von ihm wegbewegen.

Es gibt jedoch Unterschiede im Erfassungsbereich, die auf die Eigenschaften der Radartechnologie zurückzuführen sind.

Mehrere Radfahrer nebeneinander wurden vor Ort nicht getestet, da die Situation dies nicht hergab. Die Erwartung ist, dass dies mit dem aktuellen Radartyp noch nicht möglich ist, da die Radfahrer zu dicht beieinander fahren.

Mit Radfahrern, die hintereinander fahren, ist dies wahrscheinlich jedoch möglich.

Die erwartete Ankunftszeit sowohl für Fahrzeuge als auch Radfahrer kann nicht nur seriell, sondern auch parallel übermittelt werden, basierend auf der aktuellen Entfernung und der aktuellen Geschwindigkeit.

- **Inwieweit funktioniert die Fahrzeugklassifikation korrekt?**

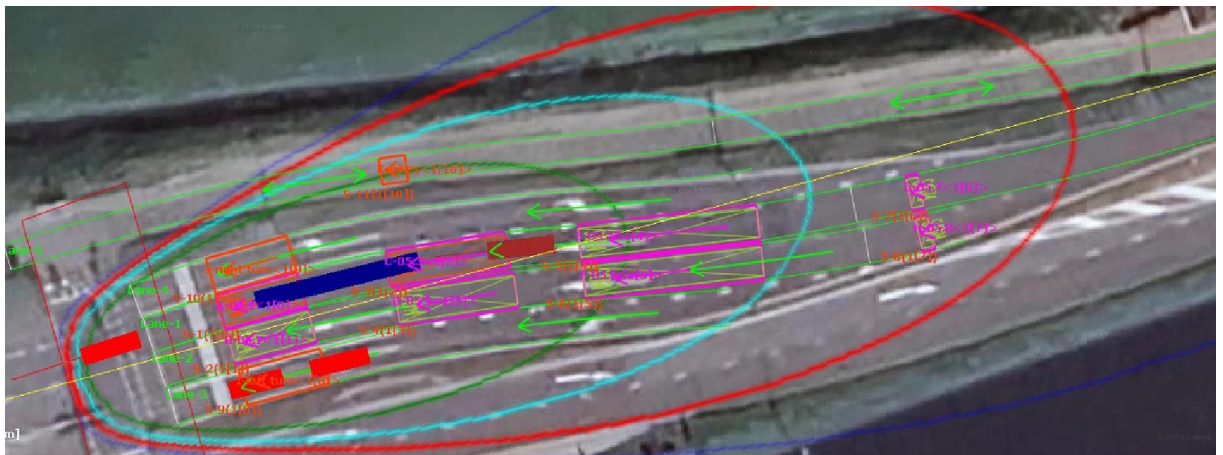
Auch dies war kein Hauptziel, wurde jedoch in die Evaluation einbezogen.

Der Radar kennt sieben Fahrzeugklassifikationen.

Die Prüfung erfolgte durch eine Begutachtung in Kombination mit der Echtzeit-Überwachung in Traffic UI.

Die Klassifikation funktionierte nahezu korrekt, sowohl für große und kleine Lkw/Busse, Lieferwagen, Personenkraftwagen, Motorräder als auch Fahrräder.

Ein Auto mit Anhänger wurde als kleiner Lkw klassifiziert. Fußgänger waren nicht vorhanden.



Auf der geradeaus führenden Spur fährt hier ein Personenkraftwagen, gefolgt von einem Bus und einem Lieferwagen. Auf der linken Spur stehen zwei Personenkraftwagen. Es ist zu sehen, dass die Endschleife etwas zu groß war. Diese wurde anschließend angepasst. Eine weitere Erkenntnis ist, dass die physische Länge der Radarschleife etwas länger sein muss als eine normale Schleife.

Fazit der Testergebnisse

Der Test war ein Erfolg!

Der Radar arbeitet stabil und bietet einen großen Erfassungsbereich, der viele Möglichkeiten eröffnet.

Die Steuerung funktionierte weiterhin gut, und der Verkehr hat die Installationsarbeiten nicht bemerkt.

Ein kleiner Optimierungsvorschlag wurde an smartmicro weitergegeben. Der Radar hat sowohl in der Länge als auch in der Breite eine große Reichweite, was bedeutet, dass ein einzelner Sensor ausreichend ist, sofern der minimale Erfassungsabstand von 27 Metern beachtet wird.

Die Möglichkeiten des Radars waren überraschend. Besonders die Möglichkeit, die Radar-Konfiguration bereits offline im Voraus vorzunehmen, spart viel Zeit und minimiert mögliche Probleme bei der Inbetriebnahme.

Die Radar-Lösung ist preislich wettbewerbsfähig. Dies betrifft nicht nur den niedrigen Anschaffungspreis, sondern auch die Anzahl der benötigten Radare für eine Kreuzung.

Die Lebensdauer des Radars wird auf mindestens zehn Betriebsjahre geschätzt.

Der Radar benötigt keine Wartung und muss auch nicht gereinigt werden.

Eine jährliche Überprüfung der Erfassungszonen in Bezug auf den sich bewegenden Verkehr kann sinnvoll sein.

Dies ist mit Hilfe der Traffic UI, direkt am Gerät oder aus der Ferne über eine VPN-Verbindung möglich.

Abschließend war auch die Zusammenarbeit zwischen den drei Parteien angenehm. Besonders bemerkenswert war, dass eine Lösung in einer bestehenden Umgebung ohne die Hilfe eines Herstellers oder Installateurs realisiert werden konnte.

Das weitere Vorgehen

Da der Radar "Typ 132" gut funktioniert, wurde vereinbart, dass dieser behalten bleibt (mit den operationellen Ausgängen, die mit der VRI verbunden sind), bis der Nachfolger (TOPGRD-Radar) etwa im September/Okttober 2024 als neuer Versuch realisiert wird. Zu diesem Zeitpunkt wird eine ähnliche Evaluierung möglich sein, bei der nicht nur ein Vergleich mit dem aktuellen Radar stattfinden wird, sondern auch zusätzliche Möglichkeiten, die dieser Radar mit sich bringt, eingesetzt und bewertet werden.

	JETZT VERFÜGBAR	SPÄTER VERGFÜGBAR
Radar Sensor	Type 132	TOPGRD (Type 171)
Anzahl Kanäle	12 (3 Sender, 4 Empfänger)	48 (6 Sender, 8 Empfänger)
Sichtwinkel	32° horizontal, 15° vertikal	110° horizontal, 20° vertikal
Detektions-entfernung	Min. 27m, max. 175m	Min. 15m, max. 240m
J-BOX	RS485 + Stromversorgung	RS485 + Stromversorgung PLC (power line communications)
Kabel	8-adrig	3-adrig
Schnittstelle	CRO (1 Radar pro Schnittstelle)	CRO (1 Radar pro Schnittstelle) COM HUB Relay 8 (max. 2 Radare pro Schnittstelle) COM HUB Relay 24 (max. 4 Radare pro Schnittstelle)
Ausgänge	8 pro Schnittstelle	8 oder 24 pro Schnittstelle
Protokoll	-	REST API via LAN-Verbindung MQTT via LAN-Verbindung Protokoll (noch zu definieren) via RS-485
Systemkonfiguration	Über Laptop und serielle Verbindung	Über Laptop oder Tablet und drahtlose/LAN-Verbindung
Benutzeroberfläche	Traffic UI (Software auf Laptop)	Traffic Web UI (Software auf Schnittstelle)

Das bedeutet möglicherweise auch den Beginn anderer Formen der Detektion, bei denen wir nicht mehr von **Detektionsschleifen oder -zonen** sprechen, sondern von **Detektionsbereichen**.

Und darin liegt eine neue innovative Herausforderung!