

E-BOOK

Auto a guida autonoma

Opportunità per una mobilità sicura, efficiente e sostenibile per tutti?

Prospettive, necessità di azione e regolamentazione

Indice

- L'autore 3**
- Presentazione IKEM 4**
- Introduzione: La fantascienza arriva sulla strada 5**
 - Come si sono sviluppate negli ultimi anni le auto a guida autonoma? 6
 - Status quo: Auto a guida autonoma oggi 7
- Contesto: Cosa si intende per auto a guida autonoma? 9**
 - Autonomo significa autosufficiente e indipendente dal conducente 11
 - Il livello di automazione non dice tutto 12
 - Le persone continuano ad assumersi la responsabilità nel sistema 15
 - Le tecnologie alla base dell'autonomia 16
 - Guida connessa: dal sistema del veicolo ad un sistema complessivo? 24
 - La differenza tra funzione di guida manuale, automatizzata e autonoma 28
 - La funzione di guida autonoma necessita di una propria regolamentazione 37
- Obiettivo: Mobilità sostenibile, sicura ed efficiente per tutti 41**
 - Opportunità per i trasporti e il mercato del lavoro 42
 - Opportunità per la sostenibilità 47
 - Rischi di un uso improprio dei dati e opportunità di accesso 51
- Conclusione: Un nuovo mondo di mobilità? 52**
 - Prospettiva per il trasporto privato 54
 - Prospettive per veicoli commerciali e trasporti aziendali 55
 - Progetti nazionali e internazionali per veicoli con funzioni di guida autonoma 57



Ass. iur. Matthias Hartwig è giurista e dal 2011 relatore scientifico presso l'Istituto per la protezione del clima, energia e la mobilità (IKEM), dove dal 2014 è a capo del team di mobilità. Nei suoi progetti si occupa, tra l'altro, di questioni legali riguardanti la mobilità. Queste includono i seguenti settori:

- Industria energetica, circolazione stradale e codice stradale
- Diritto urbanistico
- Modelli di incentivazione e promozione nel settore della mobilità
- Quadro di diritto commerciale per la mobilità (in particolare diritto ai sussidi, diritto degli appalti e normativa antitrust)

Insieme al suo team sta conducendo, in numerosi progetti, ricerche su questioni legali, economiche e sociali relative alle auto a guida automatizzata o autonoma:

➞ www.ikem.de/en/team/matthias-hartwig

Presentazione IKEM

Prossimo capitolo ➞

L'Istituto per la protezione del clima, energia e la mobilità (IKEM) è un'associazione indipendente di pubblica utilità e un istituto affiliato dell'Università di Greifswald, che studia le questioni scientifiche chiave per un ordine economico e sociale sostenibile. Si basa su una prospettiva interdisciplinare, integrativa e internazionale. Gli argomenti di ricerca centrali dell'IKEM sono:

- Promozione delle energie rinnovabili
- Reti energetiche sostenibili
- Elettromobilità
- Digitalizzazione, automazione e collegamento in rete dei trasporti
- Argomenti relativi ai trasporti e alla mobilità
- Implementazione degli obiettivi climatici
- Questioni di base di approvvigionamento energetico, pianificazione, tutela ed efficienza delle risorse

Una panoramica dei progetti, dei partner e delle pubblicazioni dell'IKEM è disponibile all'indirizzo:

➞ www.ikem.de/en

Introduzione: La fantascienza arriva sulla strada

Prossimo capitolo ➞



Come si sono sviluppate negli ultimi anni le auto a guida autonoma?

Credi che le auto robotiche siano ancora pura fantascienza? Solo pochi anni fa, quasi nessun esperto ti avrebbe seriamente contraddetto. Nel 2004, l'Agenzia per i progetti di ricerca avanzata della difesa degli Stati Uniti (DARPA) ha indetto per la prima volta una competizione nel deserto del Mojave per lo sviluppo di auto a guida autonoma. L'obiettivo era coprire una distanza di circa 240 chilometri in dieci ore con un sistema di controllo autonomo del veicolo. Il veicolo di maggior successo è riuscito a coprire solo circa dodici chilometri.

Dal 2011 circa, diverse società tecnologiche americane affermano che le auto a guida autonoma da loro sviluppate sono vicine all'introduzione sul mercato. I loro veicoli hanno già percorso con successo centinaia di migliaia di chilometri di prova con solo rari interventi da parte dei conducenti.



Status quo: Auto a guida autonoma oggi

Sebbene ora questi annunci possono essere considerati affrettati ed esagerati, queste società hanno dato un importante impulso. I veicoli a motore con funzioni di guida autonoma (noti anche come auto a guida autonoma, auto robotiche, auto senza conducente o automatiche) si sono collocati da allora al vertice della ricerca sulla mobilità e provocano fino ad oggi un'euforia mediale che incentiva ulteriormente l'argomento. Alcuni dibattiti hanno visto le auto robotiche prendere il posto di tutte le auto convenzionali in pochi anni. Questa euforia si è leggermente placata lasciando spazio a una visione più realistica.

Oggi le auto a guida autonoma sono in grado di gestire autonomamente diverse situazioni di traffico, per cui stanno già emergendo settori di applicazione utili per questi veicoli. Tuttavia, quasi tutti gli esperti concordano sul fatto che in determinate condizioni di traffico, nonché nella manutenzione e nel monitoraggio dei veicoli, sarà richiesto il sostegno umano ancora a lungo.¹ Inoltre, le funzioni di guida autonoma non sono applicabili in tutti i settori.

«Continuerà ad esistere un traffico misto in cui veicoli di diversi livelli di automazione, ciclisti e pedoni circolano fianco a fianco.»

Matthias Hartwig

Se consideri ancora le auto a guida autonoma fantascienza, qui scoprirai

- a che punto si trova la tecnologia oggi,
- perché le funzioni di guida autonoma saranno presto utilizzate nella mobilità,
- il motivo per cui possiamo farne buon uso, in quanto possono contribuire a una mobilità sostenibile ed efficiente nonché alla sicurezza stradale e
- cosa c'è ancora da fare sulla strada verso una mobilità sostenibile, sicura ed efficiente con le auto a guida autonoma.

Contesto: Cosa si intende per auto a guida autonoma?

Prossimo capitolo ➞



Un'auto a guida autonoma, dopo l'attivazione di tale funzione, non dispone più di un conducente nel senso convenzionale del termine. Il motivo: durante la guida autonoma non è una persona ad essere responsabile del monitoraggio costante del traffico o del controllo del veicolo. Il veicolo segue un programma artificiale creato dall'uomo. Inoltre, le persone al di fuori del veicolo o un assistente del veicolo assumono alcune delle funzioni e responsabilità che in precedenza spettavano al conducente. Alcuni compiti tecnici possono anche essere eseguiti da sistemi ambientali digitali esterni al veicolo che costituiscono in questo modo un sistema completo con il veicolo. Pertanto, la Society of Automotive Engineers americana (SAE International), e successivamente, per esempio, anche l'Institut national de recherche en informatique et en automatique (INRIA) preferisce la definizione di guida cooperativa ("cooperative driving") per veicoli che dipendono dalla comunicazione e dalla cooperazione con sistemi tecnici o persone esterne al veicolo ("outside entities").² Inoltre, sono sempre persone ad attivare la funzione di guida autonoma e ad avere il controllo del veicolo, almeno dando comandi che vengono realizzati automaticamente dal veicolo.

In questo modo, le persone possono togliere il veicolo dalla circolazione in qualsiasi momento. Le persone svolgono anche varie funzioni nella manutenzione, nel monitoraggio e nell'accompagnamento del veicolo. Quali funzioni e responsabilità ricadono sul sistema del veicolo o su un sistema ambientale digitale e quali invece sugli esseri umani dipende dal sistema e può variare notevolmente.



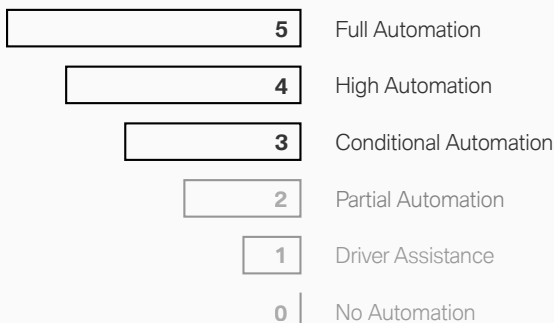
Autonomo significa autosufficiente e indipendente dal conducente

Il termine “autonomo” viene dal greco e può essere tradotto con “autodeterminato” o “indipendente”. In modalità di guida autonoma, un veicolo a motore con funzioni di guida autonoma non è condotto in modo “autodeterminato”, ma da un codice di programma che programmatori hanno usato per predeterminare la risposta del veicolo. È quindi il programma, e non il conducente, a determinare la risposta del veicolo in modalità di guida autonoma. Più accurata, quindi, è la traduzione “indipendente”, nel senso che nella maggior parte delle situazioni di traffico il veicolo opera indipendentemente dall'intervento umano e un conducente non ha bisogno di monitorare o assumere costantemente il controllo del sistema. Ciò non esclude che una persona possa disattivare la funzione di guida autonoma e controllare manualmente il veicolo.

Il livello di automazione non dice tutto

I livelli di automazione facilitano la classificazione delle funzioni di guida automatica dei veicoli. Per valutare le loro funzioni, tuttavia, è necessario uno sguardo più attento ai diversi sistemi.

Esistono diversi livelli di automazione per i veicoli automatizzati. La differenziazione tra questi livelli consente una migliore comprensione e la possibilità di dibattito su questi veicoli. A livello internazionale, la Society of Automotive Engineers (SAE) ha classificato i veicoli stradali in sei livelli di automazione (livello SAE 0-5).³ Anche il governo francese utilizza questa classificazione⁴, mentre il Ministero degli Interni spagnolo (Dirección General de Tráfico, DGT) l'ha persino inserita tradotta nella sua INSTRUCCIÓN 15/V-113 per l'omologazione del funzionamento sperimentale delle auto a guida autonoma.⁵



Le auto a guida autonoma o i veicoli con livello SAE 5 sarebbero, secondo tale definizione, soltanto quei veicoli in grado di gestire ogni possibile situazione di traffico senza alcun intervento umano.

«Non esisteranno auto a guida autonoma o veicoli con livello SAE 5 almeno per i prossimi 20 anni.»

Matthias Hartwig

Anche il governo francese, ad esempio, stima che tra il 2030 e il 2050 sarà raggiunto solo un grado “quasi-totale” di autonomia in ogni ambiente di utilizzo,⁶ in altre parole che il livello SAE 5 non sarà raggiungibile in tale periodo, mentre il governo tedesco ha finora completamente escluso il livello SAE 5 dalla propria strategia di guida automatizzata e connessa.⁷ Allo stesso modo, risulta estremamente difficile per gli attuali progetti di ricerca classificare accuratamente i veicoli designati come “autonomi” nei livelli SAE 3-5. Anche nel linguaggio quotidiano e, ad esempio, nelle definizioni legali di alcuni Stati americani, il concetto “auto a guida autonoma” è quindi molto più ampio. Pertanto, in questo testo si parlerà di veicoli a motore con funzioni di guida autonoma. A livello di SAE, i veicoli a motore con funzioni di guida autonoma qui discusse si classificano al meglio come livello 4 (“alta automazione”). Durante l’attivazione della funzione di guida autonoma, tutti i compiti di guida nelle condizioni stradali e ambientali consentite sono controllati autonomamente (indipendentemente dal conducente) dall’equipaggiamento tecnico del veicolo. Se il veicolo rimane all’interno dell’ambiente operativo previsto, non è necessario un conducente.

Tuttavia, questi veicoli non sono in grado di operare in modo indipendente in tutte le condizioni stradali e ambientali (“under all roadway and environmental conditions”), come richiederebbe il livello SAE 5. Pertanto, la funzione di guida autonoma rimarrà vincolata a un ambiente operativo specifico e potrebbe inoltre dipendere dalla comunicazione e dalla cooperazione con i sistemi tecnici o le persone all'esterno del veicolo (“outside entities”) nel senso di una guida cooperativa. Il sistema potrebbe persino richiedere un monitoraggio esterno al veicolo e un intervento umano (“technical support”) in situazioni eccezionali.

Cosa si intende per funzione di guida autonoma?

La funzione di guida autonoma è in grado di far fronte a una situazione di guida ben definita in un ambiente di traffico specifico senza intervento umano. Può essere attivata solo nelle giuste condizioni.

Le persone continuano ad assumersi la responsabilità nel sistema

Dopo l'attivazione, la funzione di guida autonoma può sostituire il conducente, ma non tutte le persone nel sistema.

Se nel veicolo manca il conducente, persone in altre funzioni assumono parte delle responsabilità che fino a quel momento spettavano al conducente. I veicoli attualmente definiti “autonomi” nel linguaggio di tutti i giorni e nei progetti di ricerca dispongono regolarmente di un conducente di sicurezza che interviene in situazioni critiche. In questi veicoli, la funzione di guida autonoma è ancora in fase di sviluppo. Di conseguenza, il conducente di sicurezza ha più responsabilità di un conducente convenzionale. In Francia, Spagna, Italia e Germania, pertanto, le autorità stanno attualmente ancora imponendo un conducente di sicurezza in ciascun veicolo. Tale conducente deve sottoporsi a una speciale formazione sulla sicurezza per poter condurre il veicolo⁸ o almeno possedere una qualifica speciale.⁹

Anche se in futuro non dovesse più esistere ed essere richiesto dalle autorità un conducente nel veicolo, ci sarà talvolta ancora un assistente all'interno o all'esterno del veicolo. Allo stesso tempo, il personale addetto al monitoraggio e alla manutenzione presso i depositi e in una centrale operativa (o centro di controllo) può svolgere un ruolo importante. Per molto tempo ancora dovranno esserci persone responsabili all'interno o all'esterno del veicolo che lo controllino prima della messa in funzione, che attivino e disattivino la funzione di guida autonoma e che garantiscano un funzionamento affidabile. In casi eccezionali, potrebbe addirittura essere necessario che un “conducente di emergenza” assuma il controllo in loco o da remoto.¹⁰



Le tecnologie alla base dell'autonomia

Perché un veicolo sia in grado di muoversi senza l'intervento di un conducente, deve disporre di una grande quantità di informazioni. Per ottenere tali informazioni e poterle fornire al veicolo sono richiesti vari sviluppi tecnici esterni al veicolo. La tabella seguente offre una panoramica delle tecniche che consentono funzioni di guida autonoma. In questo modo è più facile capire cosa possono fare questi veicoli.

Informazione

Ordine di guida:

il veicolo deve “conoscere” la destinazione.

Auto-posiziona-

mento: il veicolo deve “sapere” dove si trova.

Tecnologie

- L'ordine di guida è sempre determinato da una persona. Il veicolo non può decidere “autonomamente” dove andare, a meno che il conducente non determini almeno il tipo di destinazione (ad es. “vai alla prossima stazione di ricarica”).
- In questo caso, la digitalizzazione della comunicazione può aiutare se si pensa, ad esempio, alle opportunità che aprono qui gli smartphone e le app.

La maggior parte dei sistemi di posizionamento attuali nel settore dei trasporti utilizza il **sistema di posizionamento globale (GPS) satellitare**. Il GPS garantisce l'accuratezza del posizionamento con deviazioni inferiori agli otto metri. Per le funzioni di guida autonoma possono essere necessarie deviazioni inferiori a cinque centimetri. Ciò può essere garantito tramite:

- **Sistema di posizionamento globale differenziale (DGPS):** le stazioni di riferimento sulla terra eliminano le imprecisioni del GPS.
- **Orientamento secondo punti di riferimento e marcature:** se il sistema riconosce tramite i suoi sensori (videocamera) punti di riferimento distintivi la cui posizione è memorizzata nel sistema, può posizionarsi con essi. Anche i segnali stradali (linea centrale) vengono registrati per facilitare l'orientamento.

Informazione

Auto-posizionamento: il veicolo deve “sapere” dove si trova.

Autovalutazione

dello stato: il veicolo deve avere numerose informazioni sulle proprie condizioni: funzionamento dei sistemi importanti, direzione di marcia, velocità, chiusura delle portiere, temperatura interna ed esterna, ecc.

Tecnologie

“Binari virtuali” con identificazione a radiofrequenza (RFID) o altre procedure: nella o sulla strada oppure nell’ambiente stradale vengono posizionati piccoli chip o altri ausili di orientamento elettronici che possono essere rilevati e utilizzati per l’auto-posizionamento da appropriati sistemi di ricetrasmittitori.

- Se la velocità e la direzione di marcia del veicolo sono note grazie ai dati del veicolo, è possibile calcolare il cambio di posizione.

Molti sensori diversi forniscono queste informazioni: odometro (“contachilometri”), sensori di velocità angolare sulle ruote, girobussola, sensore pressione pneumatici, sensore apertura porte, termometro, ecc.

Informazione

Ambiente di traffico:

il veicolo deve “sapere” come raggiungere la destinazione nel modo più rapido e sicuro.

Situazione di traffico:

il veicolo necessita dell'esatta posizione degli edifici e di altri ostacoli fissi, della posizione attuale, del profilo, della velocità e della direzione di marcia di tutti gli utenti della strada nell'ambiente circostante (automobili, biciclette, pedoni), di segnali stradali, di semafori, ecc. Solo con un quadro preciso della situazione di traffico, può anche tenere conto di tutte le normative sui trasporti ed evitare il pericolo per gli altri utenti della strada.

Tecnologie

Un'auto a guida autonoma deve creare un quadro accurato del suo ambiente circostante non solo attraverso i geodati statici (dati cartografici) e gli elementi del traffico statici (segnali stradali, cantieri), ma anche con i segnali del semaforo, la posizione dei banchi di nebbia, la congestione del traffico, le singole automobili, biciclette e i pedoni.

Una “**mappa dinamica locale**” (LDM) memorizza nel veicolo i dati richiesti a questo scopo. Le informazioni statiche (ad es. dati cartografici) possono essere pre-archivate nella LDM e confrontate con l'ambiente reale nelle prove sul percorso previsto. Tuttavia, anche i dati forniti in questo modo richiedono un aggiornamento costante. La LDM può recuperare i dati autonomamente o dai sensori del veicolo o da servizi digitali esterni al veicolo (➞ vedi illustrazione).

- Per soddisfare l'elevata richiesta di dati, il veicolo deve essere collegato in rete con l'ambiente circostante. Per la comunicazione servono:
 - **Rete mobile:** le grandi quantità di dati possono essere gestite meglio con un elevato standard di rete mobile. Lo standard di rete mobile 5G attualmente molto discusso sembra particolarmente adatto in questo caso grazie alle sue elevate velocità

Informazione

Ambiente di traffico:

il veicolo deve “sapere” come raggiungere la destinazione nel modo più rapido e sicuro.

Situazione di traffico:

il veicolo necessita dell'esatta posizione degli edifici e di altri ostacoli fissi, della posizione attuale, del profilo, della velocità e della direzione di marcia di tutti gli utenti della strada nell'ambiente circostante (automobili, biciclette, pedoni), di segnali stradali, di semafori, ecc. Solo con un quadro preciso della situazione di traffico, può anche tenere conto di tutte le normative sui trasporti ed evitare il pericolo per gli altri utenti della strada.

Tecnologie

di trasmissione dei dati, alla trasmissione in tempo reale e ai ridotti periodi di latenza.

- **Wi-Fi:** una rete wireless locale (Wi-Fi) è costituita da moduli radio su lampioni e su strutture a portale per migliorare la comunicazione.
- I sensori nel veicolo o sul ciglio della strada rilevano l'ambiente circostante e la situazione di traffico:
- **Videocamera digitale:** le videocamere rilevano l'ambiente otticamente, ma potrebbero non riconoscere tutto (ad es. in caso di nebbia, buio o controluce).
- **Laser scanner/Lidar:** attraverso molti raggi laser è possibile misurare otticamente la distanza e la velocità degli oggetti, permettendo di disegnare un'immagine accurata dell'ambiente.
- **Radar e sensori a ultrasuoni:** tecnologie di misurazione della direzione e della distanza aggiuntive completano la gamma di percezione degli altri sensori e forniscono ridondanza, in modo che nulla venga trascurato.
- **Raggruppamento e valutazione dei dati dei sensori:** diversi sensori e le immagini da essi disegnatte e i dati acquisiti presentano sia vantaggi che

Informazione

Ambiente di traffico:

il veicolo deve “sapere” come raggiungere la destinazione nel modo più rapido e sicuro.

Situazione di traffico:

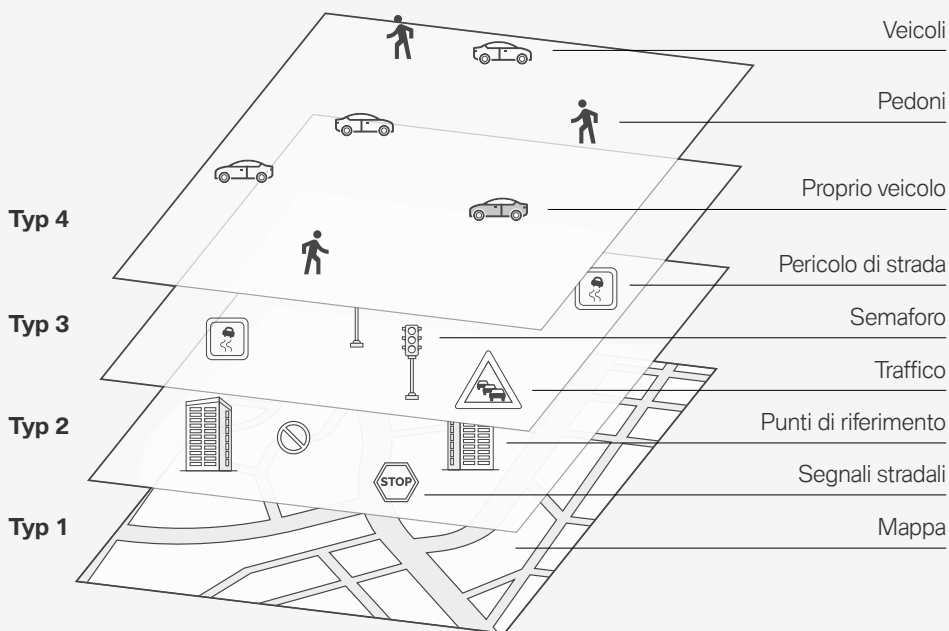
il veicolo necessita dell'esatta posizione degli edifici e di altri ostacoli fissi, della posizione attuale, del profilo, della velocità e della direzione di marcia di tutti gli utenti della strada nell'ambiente circostante (automobili, biciclette, pedoni), di segnali stradali, di semafori, ecc. Solo con un quadro preciso della situazione di traffico, può anche tenere conto di tutte le normative sui trasporti ed evitare il pericolo per gli altri utenti della strada.

Tecnologie

svantaggi. I computer possono utilizzarli per calcolare un'immagine coerente che cattura il traffico in modo molto più affidabile di un semplice sensore.

- **Mappa digitale regionale:** i geodati e i dati dinamici sul traffico possono essere uniti e perfezionati in una mappa digitale indipendente dal veicolo. Tali dati possono essere utilizzati dal veicolo.
- **Dati dei sensori di altri veicoli (Vehicle-to-Vehicle Communication, V2V):** possono essere inoltre utilizzati per completare la mappa digitale regionale (ad es. integrando informazioni di altri veicoli sul traffico).
- **Segnali stradali digitali:** una videocamera non può rilevare con sufficiente affidabilità se un semaforo è verde o rosso. In questo caso, un segnale digitale a radiofrequenza può fornire chiarezza.
- **Tecnologia di controllo:** serve a raggruppare molti dei dati menzionati in una centrale operativa al fine di monitorare il veicolo e l'infrastruttura e di coordinare gli interventi necessari dall'esterno.

Esempio di una “mappa dinamica locale”



Tipo 1: Geodati statici

Tipo 2: Elementi stradali statici

Tipo 3: Elementi stradali dinamici

Tipo 4: Dati altamente dinamici

Potenti programmi per computer e intelligenza artificiale

Soprattutto il raggruppamento e la valutazione dei dati dei sensori richiedono l'utilizzo di potenti computer e di complessi programmi. In questo contesto si può ricorrere all'intelligenza artificiale.

Cosa si intende per intelligenza artificiale?

L'intelligenza artificiale descrive la capacità di un programma per computer di estrarre correlazioni logiche da grandi quantità di informazioni (analisi e riconoscimento di schemi) e di trarne conclusioni secondo determinate regole (cioè predire gli schemi).

Questi metodi vengono spesso utilizzati nel riconoscimento e nell'analisi delle immagini. Ad esempio, se un programma per computer ha già analizzato decine di migliaia di immagini di automobili di diversi modelli, sarà in grado di identificare un'auto come tale anche se non ha mai "visto" prima il modello specifico. Di conseguenza, se il programma per computer ha analizzato molte svolte di veicoli, può prevedere con determinate probabilità l'andamento di un veicolo in curva. Tale capacità è molto importante per le funzioni di guida autonoma, poiché i sistemi sono così in grado di orientarsi meglio in ambienti e circostanze sconosciuti. Tuttavia, questi sistemi non possono prendere decisioni indipendenti o scelte etiche paragonabili a quelle di un essere umano. Pertanto, il termine "intelligenza artificiale" può creare aspettative in parte esagerate.



Guida connessa: dal sistema del veicolo ad un sistema complessivo?

Il sistema autonomo di un veicolo a motore con funzioni di guida autonoma può, in determinate circostanze, basarsi su sistemi ambientali digitali. Da un punto di vista tecnico, il sistema del veicolo e i sistemi ambientali digitali possono anche essere considerati un unico sistema complessivo. Questo sistema complessivo deve soddisfare determinati requisiti per garantire risultati ottimali per la sicurezza stradale e il flusso del traffico. La guida autonoma richiede un cambiamento di prospettiva dalla focalizzazione sul veicolo ad un sistema complessivo. Infatti, potrà raggiungere prestazioni adeguate in molte situazioni di traffico soltanto in stretta collaborazione con i sistemi ambientali digitali.¹¹ Ad esempio, una guida veloce in un incrocio con semaforo presumibilmente sarà soltanto possibile se il veicolo riceve sufficienti informazioni sulla situazione di traffico nell' incrocio complicato e nelle strade di accesso, rilevate mediante sensori sul lato della strada, oltre ad un segnale di semaforo digitale.

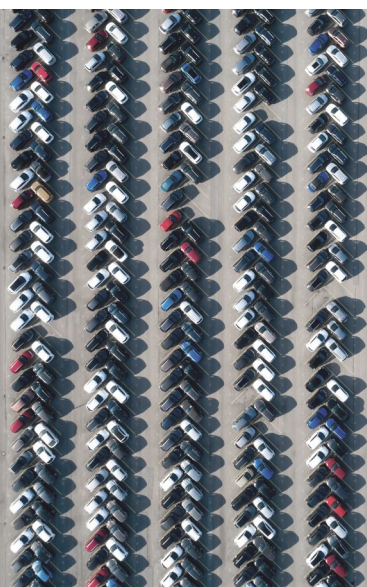
Siamo abituati a considerare un veicolo a motore come un mezzo unitario e delimitato che viene utilizzato da un conducente. Finora, questa separazione è uguale nella legge di tutti i paesi dell'UE. Secondo l'attuale legge di omologazione, un veicolo a motore riceve l'omologazione solo se è un veicolo sicuro che corrisponde allo stato dell'arte. D'altra parte, tutte le normative del codice stradale sono dirette al conducente, il quale deve controllare il suo veicolo ed è responsabile di ogni sua risposta. Se il conducente del veicolo diventa passeggero, questa separazione non funziona più. Il fatto che un'auto a guida autonoma sia in grado di rispettare le normative del codice stradale deve essere comprovato già al momento della sua omologazione e verificato a intervalli regolari.

Anche il concetto di veicolo come mezzo delimitabile deve ora essere messo in discussione. Se un'auto a guida autonoma sia in grado far fronte in modo sicuro e fluido al proprio compito di guida dipenderà sempre di più dalle informazioni che provengono da diversi sistemi ambientali digitali (segnali stradali digitali, mappe digitali regionali, sensori stradali, ecc.) (veicoli connessi). Il veicolo guida secondo una propria mappa digitale, aggiornata continuamente con l'aiuto di informazioni dall'esterno. Il veicolo non può sempre decidere da solo se questi dati sono affidabili. Deve fare in parte affidamento sul sistema ambientale. Anche il governo francese sottolinea "Lo sviluppo di infrastrutture digitali e l'interconnessione delle reti stradali possono accelerare lo sviluppo di auto a guida autonoma" e "Lo scambio di dati di auto a guida autonoma e connessa è una leva importante per la creazione di valore attraverso lo sviluppo di servizi relativi alla mobilità."¹² Il governo italiano ha incorporato la normativa sulle auto a guida autonoma direttamente in un regolamento sulle strade intelligenti e regola l'immatricolazione dei sistemi di guida automatica immediatamente dopo i veicoli autonomi.¹³ Anche nei progetti di ricerca che ho potuto seguire, sono giunto alla conclusione che il livello SAE 5 rimarrà a lungo un sogno, ma che si troveranno applicazioni molto vantaggiose e importanti per la guida autonoma cooperativa (livello SAE 4 connesso da V2V e V2X).



Esempio semaforo

- Un veicolo non è in grado di rilevare in modo sufficientemente affidabile un semaforo convenzionale con una videocamera.
- Può guidare rapidamente a un incrocio solo se, oltre al segnale ottico, riceve un segnale di semaforo digitale.
- Tuttavia, questo segnale ha un valore solo quando l'operatore del semaforo ne garantisce l'affidabilità.
- Il veicolo è quindi sempre più connesso con i sistemi ambientali digitali.



Esempio garage

- Un garage progettato per il valet parking autonomo potrebbe presto fornire a un veicolo a motore compatibile con la modalità di guida dati completi sulla situazione di traffico, in quanto telecamere e altri sensori registrano parcheggi liberi, veicoli e pedoni in una mappa dinamica (sistema ambientale tecnico).
- In questo modo la navigazione viene notevolmente facilitata per l'auto in modalità di guida autonoma. Tuttavia, deve poter fare affidamento sulle informazioni che ottiene. Non solo il veicolo deve essere sicuro, ma il sistema del veicolo e dell'ambiente insieme devono formare un sistema complessivo sicuro per prevenire incidenti.
- Ad un certo punto sorge la domanda su chi controlla effettivamente il veicolo: il veicolo o il garage.

Il veicolo e il sistema ambientale costituirebbero tecnicamente un sistema complessivo. Solo se questo sistema complessivo è sicuro e fornisce dati validi sufficienti per la navigazione, il veicolo sarà in grado di guidare in modo sicuro e senza intoppi nel traffico. Per garantire l'identificabilità dei responsabili, devono sussistere aree di responsabilità legali.

Di conseguenza, in futuro esisteranno presumibilmente da una parte responsabili del sistema per il veicolo e dall'altra responsabili dei diversi sistemi ambientali digitali. Tecnicamente, la considerazione isolata di un singolo sistema porterebbe spesso a un vicolo cieco, perché solo l'interazione di tutti i componenti fornisce il livello richiesto di sicurezza e flusso del traffico. Alcuni si aspettano che ciò si traduca in "un processo di omologazione del sistema con processi di verifica e requisiti di prova molto complessi".¹⁴ Le sfide normative emergenti sono strettamente collegate alla regolamentazione della comunicazione veicolo verso veicolo (V2V) e veicolo verso infrastruttura (V2X). Quasi nessun paese ha presentato un approccio normativo completo per questa tecnologia. L'Italia è pioniera con la sua clausola di sperimentazione sulle strade intelligenti e l'approvazione dei sistemi di guida automatici.¹⁵ Il governo francese ha annunciato una regolamentazione legale degli argomenti principali per questo settore:

- "Sicurezza informatica: regolamentazione tecnica e valutazione delle minacce"
- "Regole, strumenti e metodi per lo scambio di dati per la valutazione e la convalida dei sistemi"
- "Direttiva per lo scambio dei dati di veicoli."¹⁶



La differenza tra funzione di guida manuale, automatizzata e autonoma

Mentre nel dibattito esistono una moltitudine di termini per descrivere i veicoli automatizzati e le loro funzioni, qui, oltre alla dovuta differenziazione giuridica, bisogna fare una distinzione tra veicoli a motore con funzione di guida manuale, automatizzata e autonoma. Si tratta di tre diverse modalità di guida con requisiti normativi e tecnici diversi. In questo caso, un singolo veicolo a motore può avere una funzione di guida sia manuale, sia automatizzata, sia autonoma. La confusione deriva dal fatto che anche a livello giuridico i termini vengono utilizzati in modo errato. Pertanto, il Ministero degli Interni spagnolo regola-menta già il “modo autónomo” nella sua Instrucción 15/V-113,¹⁷ ma lascia una responsabilità al conducente, il che consente una classificazione massima nel livello SAE 2. Tenterò quindi di fare qui una distinzione più chiara.

Funzione di guida manuale

Finora, il codice stradale francese, italiano e spagnolo ha regolamentato solo lo status legale dei veicoli a motore con funzione di guida manuale. Sono inclusi anche alcuni sistemi di assistenza alla guida, in quanto non modificano la distribuzione tradizionale dei compiti tra uomo e tecnologia. Il conducente rimane responsabile della guida del veicolo in ogni situazione. Deve osservare il traffico in ogni momento e mantenere il controllo del veicolo. Per livelli di automazione più elevati, invece, in Francia, Italia e Spagna è stata emessa finora solo una normativa per le applicazioni sperimentali.

Funzione di guida automatizzata

Con veicoli a motore con funzione di guida automatizzata si intendono qui i veicoli in cui il conducente può distogliersi dalla guida del veicolo e dalla situazione di traffico dopo aver attivato la modalità di guida automatizzata, ma viene mantenuto per il sistema sia come misura di sicurezza sia sostanzialmente come punto di riferimento di responsabilità.

In questo caso è difficile effettuare la classificazione nei livelli SAE. Dato che il conducente rimane ancora un punto di riferimento del sistema, la funzione di guida automatizzata descritta in questo modo non può più essere completamente classificata al livello SAE 3 e si continua a parlare del livello 2. In Francia (Ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016) e in Italia (Decreto 28 febbraio 2018) esiste finora un solo regolamento che consente l'omologazione di veicoli che assumono parzialmente o completamente i compiti del conducente esclusivamente a fini sperimentali. I veicoli a motore con una funzione di guida automatizzata possono quindi essere omologati, sebbene qui non si debba sottovalutare il fatto che l'omologazione può essere complessa dal punto di vista della sicurezza. Sebbene la regolamentazione spagnola per i veicoli sperimentali (Instrucción 15/V-113) si riferisca espressamente solo alle funzioni di guida autonoma, ma conferisce al conducente responsabilità che probabilmente dovrebbero essere classificate come livello SAE 2. Anche in questo caso, la verifica di livelli SAE più elevati è possibile solo nella misura in cui il conducente in ultima analisi monitora le attività e le possibilità di intervento rispetto al livello SAE 2. Al contrario, nel 2017 il legislatore tedesco è andato oltre una clausola di sperimentazione e ha emanato nel codice della strada, secondo il titolo ufficiale, un regolamento generale per "veicoli a motore con funzione di guida altamente o completamente automatizzata".¹⁸ Il regolamento promette molto più di quanto possa sostenere, in quanto non copre i livelli SAE 3 e 4 contrariamente al titolo ufficiale. Invece contiene una regolamentazione molto adatta per i veicoli con funzione di guida automatizzata fino al livello SAE 2. La regolamentazione è interessante per gli altri paesi europei, poiché mostra chiaramente che il livello SAE 2, in cui il conducente assegna già alcuni compiti al sistema, non era più incluso nella legge convenzionale. Tali veicoli a motore con funzione di guida automatizzata necessitano di una propria regolamentazione. La legge tedesca stabilisce dunque che in tali veicoli continua a essere necessario un conducente. Tuttavia, il conducente può distogliersi dalla guida del veicolo

e dalla situazione di traffico durante la guida automatica,¹⁹ ma deve comunque rimanere attento e pronto a riprendere il controllo sulla macchina in ogni momento.²⁰ Continua ad avere la responsabilità di un conducente convenzionale ed è il destinatario di tutte le norme legali del codice della strada anche durante il viaggio automatizzato.²¹ Se il conducente nota che, nella modalità di guida automatica, il suo veicolo viola le norme del codice della strada, deve disattivare il sistema.²² Il sistema deve registrare in modo indipendente le deviazioni rilevanti²³ e quindi chiedere al conducente di disattivare la modalità di guida automatica e di riprendere il controllo manuale.²⁴

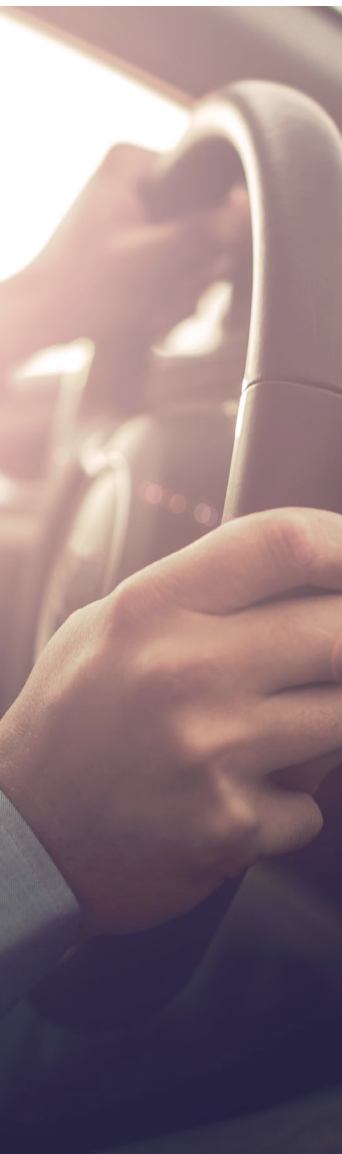


La sfida più grande per gli sviluppatori di tali veicoli è quindi quella di mantenere e controllare permanentemente l'attenzione del conducente, poiché è ancora essenziale per il sistema. Nel regolamento tedesco è inoltre interessante che il legislatore imponga che il veicolo sia sempre conforme alle norme stradali per la guida del veicolo.²⁵ Poiché un sistema tecnico non è in grado di simulare completamente il comportamento umano, il conducente non può essere del tutto sollevato dalla responsabilità. Il regolamento mostra anche quanto sia effettivamente complessa la regolamentazione dei livelli SAE 3 e 4, poiché il codice stradale dovrebbe essere completamente ripensato. Questo è esattamente ciò che il legislatore tedesco voleva evitare astenendosi dal sollevare completamente il conducente dalle sue responsabilità. È evidente che i veicoli a motore con una funzione di guida automatizzata pongono sfide particolari sia per gli sviluppatori che per il legislatore. Lo sviluppo e la regolamentazione per questo segmento devono essere chiaramente separati dai requisiti per le funzioni di guida autonoma.

Nell'aviazione, l'automazione ha comportato richieste sempre più elevate per l'addestramento dei due piloti presenti in ciascun aereo di linea. Entrambi si controllano inoltre a vicenda. È escluso uno sviluppo simile per il trasporto privato motorizzato sulla strada, poiché i requisiti per l'acquisizione di una patente di guida già per motivi socioassistenziali (mobilità per tutti) non possono essere aumentati in modo significativo. Già oggi non è facile ottenere la patente di guida. Questo problema non dovrebbe essere accentuato dall'automazione.

Cosa si intende per trasporto privato?

Nel trasporto privato di solito solo una persona utilizza un mezzo di trasporto. A differenza del trasporto pubblico, questa persona determina il periodo di tempo, il percorso e la destinazione stessa. Il mezzo di trasporto privato motorizzato più classico è l'auto.



Funzione di guida autonoma

La funzione di guida autonoma è caratterizzata dal fatto che durante la guida autonoma il conducente scompare come misura di sicurezza e come essenziale punto di riferimento di responsabilità. Durante la guida autonoma, il sistema è responsabile del controllo longitudinale e laterale del veicolo, del monitoraggio e della risposta adeguata alle condizioni stradali e ambientali e deve anche fungere da misura di sicurezza senza fare affidamento a un conducente umano.²⁶ Il conducente non può più essere preso in considerazione nello sviluppo di una tale funzione di guida autonoma. Egli non ha più nessun ruolo, né nel monitoraggio del sistema né nell'assunzione delle responsabilità di sicurezza. Questa circostanza richiede un'architettura del sistema del veicolo completamente diversa. In modalità di guida autonoma, il veicolo deve essere in grado di gestire autonomamente tutte le situazioni standard di traffico che può incontrare. Anche in caso di guasto di un sistema parziale e in situazioni eccezionali, il veicolo deve almeno essere in grado di mettersi in uno stato sicuro (ad esempio, fermarsi in sicurezza sul ciglio della strada).

L'intervento dell'uomo può essere necessario in casi chiaramente definiti, come ad es.:

- Nella manutenzione
- Nell'attivazione
- In situazioni di traffico straordinarie
- In situazioni eccezionali
- In seguito alla disattivazione consapevole della funzione di guida autonoma da parte di una persona

Tuttavia, il veicolo deve essere progettato in modo che possa trascorrere un certo periodo di tempo prima che l'assistente umano arrivi e anche durante questo periodo di attesa non deve costituire un ostacolo al traffico.

La limitazione locale del campo di applicazione e un'attenta selezione e progettazione del percorso possono limitare questa complessità. Ad esempio, se una navetta per un servizio regolare viene sviluppata da un operatore di trasporto locale in una piccola area residenziale a zona 30, è possibile avere una mappa digitale molto dettagliata di quest'area, in cui sono già stati inseriti tutti i segnali stradali e le normative.

«Durante lo sviluppo gli sviluppatori del veicolo devono sostanzialmente considerare e, per così dire, prevenire ogni possibile situazione di traffico in cui il veicolo può entrare.»

Matthias Hartwig

Se ad esempio si dimostra che il veicolo non è in grado di superare i veicoli di raccolta dei rifiuti, questo non può circolare nei tempi in cui la spazzatura viene raccolta nella zona residenziale. In alternativa, può contattare in tempo un centro operativo per l'approvazione di manovre straordinarie. In un'area ristretta tali situazioni possono essere ben prevenute e pianificate. Se il veicolo dovesse comunque imbattersi in una situazione di traffico imprevedibile, può guidare sul lato della strada e attendere l'arrivo dei dipendenti del centro operativo.

In Francia e in Italia tali sistemi non sono generalmente regolamentati, ma sono omologati rispettivamente ai sensi dell'Ordonnance n° 2016-1057 du 3 août 2016 e del Decreto 28 febbraio 2018. In Spagna, sono espressamente oggetto dell'Instrucción 15/V-113, che tuttavia non va oltre le eccezioni italiani e francesi. Questo perché la Convenzione di Vienna sul codice stradale del 1968 proibisce i sistemi senza conducente nella misura in cui non sono coperti dalle normative UNECE. Le normative UNECE non prevedono finora funzioni di guida autonoma. La Convenzione di Vienna è stata aperta nella misura in cui ora consente agli Stati contraenti la regolamentazione di un conducente esterno al veicolo. Pertanto, secondo tutte le normative giuridiche, viene ancora fornito un conducente di sicurezza per la pratica e il suo posizionamento all'esterno del veicolo è concepibile solo in presenza di elevati requisiti di sicurezza informatica e disponibilità del segnale.

Veicoli con diverse funzioni di guida

Già tra pochi anni ci saranno veicoli che possono essere controllati sia manualmente da un conducente che con funzioni di guida automatizzate e autonome.

Esempio: BMW Serie 3 con diverse modalità di guida

Una BMW Serie 3 con assistenza al parcheggio, assistenza agli ingorghi e sistemi di regolazione della velocità adattativi è già all'avanguardia. Tra qualche anno, le funzioni di assistenza aggiuntive fornite dal veicolo saranno altamente affidabili anche a velocità più elevate, in modo da poter parlare di un assistente autostradale. In questo veicolo l'intervento del conducente sarebbe richiesto solo in alcuni casi. Il conducente rimane nel sistema, ma viene adeguatamente condotto ad un eventuale intervento necessario (modalità di guida automatica). Allo stesso tempo, tuttavia, sarà ancora possibile per il conducente assumere il controllo del veicolo, restando attive solo le funzioni di assistenza del conducente e di emergenza (modalità di guida manuale).



Inoltre, è abbastanza realistico che l'assistente al parcheggio di questa BMW Serie 3 sia in grado di effettuare un cosiddetto valet parking autonomo in un garage, nella misura in cui il rispettivo parcheggio supporta questa funzione. Se sia il veicolo che il garage offrono questa funzione coordinata, il conducente esce alla sbarra del garage. Il veicolo subentra in stretto coordinamento con il sistema ambientale digitale del garage e guida fino al parcheggio al 3° piano. Si tratta di una funzione di guida autonoma, che potrebbe essere sempre più utilizzata in altri ambienti nel corso degli anni, purché offra un sistema ambientale digitale corrispondente. Il prerequisito per l'attivazione della funzione di guida autonoma sarà sempre che il sistema ambientale sia compatibile, il veicolo sia attivo e funzionale e il veicolo si registri.

La BMW di questo esempio non sarebbe un veicolo manuale, automatizzato o autonomo, ma un veicolo a motore con tutte e tre le funzioni di guida. In ciascuna delle tre modalità di guida, gli sviluppatori del veicolo e il conducente devono tenere conto delle rispettive normative.

La funzione di guida autonoma necessita di una propria regolamentazione

Le funzioni di guida manuale, automatizzata e autonoma necessitano di una propria rispettiva regolamentazione. Sebbene la prima regolamentazione della guida manuale si sia accompagnata all'introduzione delle prime automobili, mancano norme adeguate alle funzioni di guida automatizzata e autonoma in Francia, Italia e Spagna. Sebbene le clausole di sperimentazione nei tre stati consentano il funzionamento sperimentale dei veicoli fino al livello SAE 3, per le autorità sarà difficile eliminare il conducente e formulare i requisiti di sicurezza e le verifiche necessari senza un programma regolamentare dettagliato. La dettagliata Instrucción 15/V-113 spagnola è finora l'approccio più utile in questa direzione, in quanto fornisce alle autorità un orientamento relativamente dettagliato, in particolare per la verifica di sicurezza. Tuttavia, anche qui una scomparsa del conducente dal veicolo non è prevista.

Contrariamente alle funzioni di guida manuale e automatizzata, con la funzione di guida autonoma il conducente smette di essere il tradizionale punto di riferimento della regolamentazione. È importante rendersi conto che le funzioni di guida autonoma non saranno mai in grado di simulare un conducente umano. Pertanto, sono necessarie nuove normative giuridiche per questa modalità di guida, che si basino sulla normativa vigente sui trasporti e sugli standard etici, ma tengano maggiormente conto delle condizioni tecniche.



Sulla base delle clausole di sperimentazione esistenti in Italia, Spagna e Francia, le autorità competenti sono state finora costrette ad appoggiarsi il più possibile alle attuali leggi di omologazione, stradali e di guida. Ciò significa che tutti gli standard del codice stradale convenzionale devono essere applicati ai veicoli a motore con funzioni di guida automatizzata e autonoma. I veicoli devono quindi attuare tutte le disposizioni del codice stradale convenzionale come le avrebbe attuate un conducente umano.

Le norme giuridiche sono sempre istruzioni comportamentali per persone che vengono interpretate dagli utenti del diritto (giudici, funzionari aziendali e amministrativi) per le persone. Si potrebbe dunque quasi dire che viene richiesta da un sistema automatizzato una simulazione del conducente. Questo regolamento ha senso per la guida automatizzata, in cui un conducente è costantemente responsabile del sistema e deve essere in grado di prendere immediatamente il controllo del veicolo in situazioni di crisi. Tale conducente giudicherà il sistema a seconda che reagisca in una situazione di traffico come avrebbe fatto egli stesso.

Cosa è in grado di fare l'uomo, cosa sono in grado di fare le macchine?

Per una funzione di guida autonoma, il caso è diverso. La simulazione di un conducente umano qui non comporta in ogni caso un vantaggio per la sicurezza stradale e il flusso del traffico. In singoli casi potrebbe essere il contrario.

L'uomo e la macchina sono troppo diversi nella percezione e nell'analisi delle situazioni di traffico e nelle loro risposte perché l'applicazione della stessa normativa su entrambi possa sembrare sensata in ogni caso. Le persone dispongono di un'intelligenza non simulabile da una macchina, unita a un eccellente riconoscimento delle immagini e alla capacità di analizzare le situazioni.

Ciò è completato dall'intuizione e dalla capacità di una valutazione etica indipendente delle situazioni, capacità che mancano alle macchine. D'altra parte, le macchine hanno capacità di multitasking e di elaborazione delle informazioni quasi illimitate, che sono in definitiva limitate solo dalla quantità di informazioni a loro disposizione. Anche per quanto riguarda le reazioni, ci sono da un lato la flessibilità umana e la responsabilità personale, dall'altro l'affidabilità superiore (fedeltà al programma) e la velocità di risposta in frazioni di secondo da parte delle macchine.

Le funzioni di guida autonoma necessitano pertanto di proprie linee guida per lo sviluppo nel Titolo III Dei veicoli del Codice della Strada e legislazione complementare. Questi devono includere il Titolo V Norme di comportamento del Codice della Strada e legislazione complementare nella misura in cui ciò riflette le aspettative legittime degli altri utenti della strada in un traffico misto.²⁷ L'intero diritto comportamentale per il conducente deve essere trasferito alla macchina con un senso di proporzione e competenza tecnica in modo che possa partecipare in sicurezza al traffico misto. Ad esempio, anche i veicoli autonomi dovrebbero fermarsi a un semaforo rosso, anche se dispongono di informazioni affidabili sul fatto che nessun altro veicolo sta guidando verso l'incrocio. Altrimenti sarebbe un cattivo modello. Per il resto, queste normative dovrebbero essere adattate alle capacità di una macchina, per ottenere risultati ottimali per la sicurezza stradale e il flusso del traffico.

Per il necessario ulteriore sviluppo della regolamentazione, il governo francese fa riferimento principalmente ai regolamenti ECE.²⁸ L'Italia e la Spagna mostrano restrizioni analoghe nella regolamentazione. Ciò è corretto nella misura in cui i modi speciali nazionali contraddicono lo spirito di armonizzazione europea e internazionale del diritto di omologazione. Tuttavia, gli organi dell'UNECE sono organi di armonizzazione giuridica e non di creazione di figure giuridiche fondamentalmente nuove, per cui avranno difficoltà ad avviare il necessario cambio di paradigma nella legge.

Quindi anche nella legislazione c'è bisogno di pionieri nazionali, che dovrebbero però tenere aperta la possibilità di una successiva armonizzazione dei loro accordi provvisori. La possibilità di tali regolamenti pionieristici per il trasporto pubblico con navette autonome è già accennata dal governo francese.²⁹

Standard etici

Nel 2018 sono stati 172.553 gli incidenti stradali con lesioni a persone in Italia con 3.334 vittime (morti entro 30 giorni dall'evento).³⁰ Queste cifre dimostrano che la guida porta il conducente a confrontarsi talvolta con decisioni etiche molto basilari. Già quando accelera, deve essere consapevole che una velocità più elevata può comportare rischi maggiori per la vita e la salute dei passeggeri del veicolo e degli altri utenti della strada. Molte delle domande etiche che sorgono durante la guida avranno sicuramente una risposta diversa quando sarà la macchina stessa a guidare. Può correre gli stessi rischi per la vita e la salute delle persone come fanno gli automobilisti quotidianamente? Le macchine possono mai uccidere e ferire le persone o scegliere una velocità che mette le persone in tale pericolo? Questi interrogativi non possono trovare una risposta qui. Tuttavia, è chiaro che devono essere discussi e valutati prima di poter emanare normative giuridiche per veicoli a motore con funzioni di guida autonoma e prima che possano guidare regolarmente. In Germania, un comitato etico istituito dal ministero federale dei Trasporti ha scritto 20 regole etiche per la circolazione stradale di veicoli automatizzati e connessi, che riguardano anche la guida autonoma.³¹

Questi sono completamente indipendenti dalla situazione in Germania e possono servire da orientamento per la creazione di una linea guida per lo sviluppo di autoveicoli con funzioni di guida autonoma anche in altri paesi. "Sembra sensato trasferire scenari pertinenti in un catalogo di scenari centrale di un'istanza neutra, al fine di creare le disposizioni generali appropriate, comprese eventuali prove di collaudo."³² ➞ Il rapporto del comitato etico con le sue 20 regole ha una lunghezza di solo 20 pagine, è in inglese³³ e offre una rapida panoramica degli standard etici che possono essere utilizzati per sviluppare il quadro giuridico per i veicoli con funzioni di guida autonoma. Anche il governo francese ha riconosciuto l'importanza delle questioni etiche e ha istituito un séminaire aux questions d'éthiques et d'acceptabilité liées au véhicule autonome (seminario su questioni etiche e accettazione in relazione al veicolo autonomo) i cui risultati guideranno la legislazione futura.

Obiettivo:

Mobilità sostenibile, sicura ed efficiente per tutti

Prossimo capitolo ➞



I veicoli a motore con una funzioni di guida autonoma promettono una mobilità sostenibile, sicura ed efficiente per tutti. Se e quando questa promessa sarà mantenuta dipende da vari fattori.

Con il sostegno del governo italiano e dell'Unione europea, non solo le grandi case automobilistiche, ma anche molte aziende precedentemente sconosciute stanno investendo miliardi nel settore automobilistico per la ricerca di veicoli con funzioni di guida automatizzate e autonome e nello sviluppo di un ambiente digitale per questi veicoli.

Opportunità per i trasporti e il mercato del lavoro

Tutte le parti ritengono che i veicoli a motore con funzioni di guida autonoma possano contribuire al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

Aumento della sicurezza stradale³⁴

Oltre il 90 per cento di tutti gli incidenti stradali mortali è causato da errori commessi dagli utenti della strada.³⁵ Solo circa l'un per cento degli incidenti dipende da errori tecnici.³⁶ Gli esseri umani fanno errori. Le macchine hanno il potenziale di migliorare la sicurezza stradale. I veicoli connessi con funzioni di guida automatizzate o autonome possono registrare ed elaborare in pochissimo tempo molte più informazioni di un guidatore umano, non si stancano e non sono mai ubriachi. Non ignoreranno un semaforo digitale e tramite i sensori lungo la strada possono persino guardare dietro gli angoli e rilevare con precisione situazioni di traffico complesse agli incroci.



In questo modo si possono escludere gran parte delle fonti di errore che oggi sono causa degli incidenti stradali. Tuttavia, i sistemi automatici possono e devono anche essere progettati in modo che potenziali errori non portino a lesioni letali o gravi malattie e che vengano evitate nuove fonti di errore. I veicoli a motore con funzioni di guida autonoma in Italia saranno immatricolati solo se evitano, per quanto possibile, danni alle persone e le riducono significativamente rispetto alle prestazioni umane. La regola di base è: “Questioni prioritarie in materia di sicurezza stradale e sicurezza informatica”:³⁷ “L’obiettivo è di garantire che i sistemi sviluppati soddisfino le aspettative di sicurezza individuale e sociale in termini di sicurezza stradale e informatica, nonché di protezione dei singoli dati. La costruzione di sistemi di validazione stabili è una priorità”.³⁸ O in altre parole: “I sistemi di trasporto semi-automatizzati e totalmente automatizzati sono innanzitutto progettati per migliorare la sicurezza di tutti gli utenti della strada. [...] La protezione delle persone ha la precedenza su tutte le altre considerazioni sull’utilità. L’obiettivo è ridurre o evitare del tutto i danni.”³⁹

Aumento del flusso e dell’efficienza del traffico

Gli errori umani e la mancanza di informazioni causano gran parte degli ostacoli del flusso del traffico. I sistemi automatici e connessi possono includere una quantità quasi illimitata di informazioni per una guida ottimizzata e il raggiungimento della destinazione, se disponibili.

L'aumento o la riduzione del flusso del traffico da parte dei veicoli a motore con funzioni di guida automatizzate dipende in gran parte dall'abbondanza di informazioni geografiche e sul traffico a disposizione, nonché dallo sviluppo di sensori nel veicolo e lungo la strada e di sistemi ambientali digitali. Molte delle informazioni necessarie sono già disponibili su Internet. Così i servizi meteorologici possono fornire già ora dati meteorologici validi per la guida connessa. Tuttavia, questa validazione rappresenta una grande sfida per i dati cartografici e stradali e per i semafori digitali. Inoltre, i sensori lungo la strada per rilevare il traffico e la situazione dei parcheggi (ad esempio tramite radar e lidar) non sono gratuiti, ma promettono un grande aumento dell'efficienza stradale già nel traffico di ricerca dei parcheggi convenzionale.

Nei progetti di ricerca città e comuni, ad esempio, riconoscono qui nuovi compiti e possibilità di progettazione. Sulle mappe dinamiche regionali e sulle piattaforme digitali complementari per il loro territorio, potranno in futuro, ad esempio, arricchire dati cartografici validi con informazioni su normative stradali, cantieri e dati dinamici sul traffico e metterli a disposizione delle funzioni di guida automatizzate e della guida connessa. Allo stesso tempo, potrebbero riguadagnare l'autorità di gestire e dirigere il loro traffico, che hanno perso in parte a causa dei Big Data. Questa è una visione futura ottimistica, ma con una certa volontà politica ben realizzabile.



Creare nuove opportunità economiche e posti di lavoro attraverso la modernizzazione tecnologica e l'innovazione⁴⁰

Si stima che il mercato globale delle auto a guida autonoma sia di 54,23 miliardi di dollari nel 2019 e che raggiungerà 556,67 miliardi entro il 2026, con un tasso di crescita medio del 39,47 per cento.⁴¹

Le aspettative economiche del governo francese, ad esempio, per lo stimolo economico fornito dalla guida automatizzata e connessa sono elevate.⁴² Le aspettative del governo tedesco (“rimanere il fornitore principale” e “diventare il mercato guida”)⁴³ e del governo USA (“con lo sviluppo di veicoli automatizzati, la creatività e l'innovazione americana hanno il potenziale per trasformare ancora una volta la mobilità”)⁴⁴ per il potenziale economico sono ancora meno contenute. Si spera che le aspettative economiche positive associate alla guida automatizzata e connessa saranno soddisfatte per tutti gli stati dell'Unione Europea.

La perdita di posti di lavoro (ad esempio i conducenti di autobus nel trasporto pubblico) non deve essere temuta nei prossimi anni. Anche i “trasferimenti di qualifiche e lavoro”⁴⁵ previsti dal governo francese non dovrebbero verificarsi a breve. Le funzioni di guida autonoma saranno in grado di padroneggiare situazioni di traffico più complesse soltanto gradualmente. Nel traffico intenso della città, sulle strade extraurbane secondarie e per i grandi autobus sugli assi principali saranno ancora necessari conducenti. Tuttavia, l'uso di veicoli autonomi potrebbe rendere possibile il trasporto di un maggior numero di passeggeri nei mezzi pubblici. I minibus autonomi potrebbero

trasportare più passeggeri alle fermate centrali e rendere i trasporti pubblici più attraenti. Sulle rotte principali sarebbero quindi probabilmente necessari ancora più conducenti, anziché meno.

«La guida autonoma offre anche il potenziale per più posti di lavoro nella ricerca, lo sviluppo e la manutenzione.»

Matthias Hartwig

Anche i centri di controllo avranno bisogno di personale in grado di monitorare i veicoli e, in circostanze eccezionali, di inviare rapidamente un tecnico al sito operativo, simile ai call center dei fornitori di servizi di ascensori.

Nuovi potenziali di utilizzo per il veicolo stesso

Durante il viaggio con un veicolo a motore con funzioni di guida autonoma sarebbe possibile approfittare del tempo per attività private o di professionali.

Soprattutto i pendolari guadagnerebbero molto tempo, precedentemente impiegato nell'attività di guida.

Durante il tragitto per l'ufficio, gli utenti potrebbero mandare le prime e-mail e guardare un film sulla via del ritorno.

Opportunità per la sostenibilità

Molti sperano, inoltre, che i veicoli a motore con funzioni di guida autonoma mantengano anche le seguenti tre promesse. Tuttavia, la loro realizzazione dipende in larga misura dalle giuste scelte degli organi decisionali sia in politica che in economia e dalla regolamentazione tempestiva ed efficace da parte del legislatore.

Traffico a emissioni zero

Secondo l'accordo di Parigi sui cambiamenti climatici (2015), l'aumento della temperatura media globale deve essere mantenuto ben al di sotto dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali. L'obiettivo sarebbe quello di limitare l'aumento della temperatura a 1,5°C al di sopra dei livelli preindustriali. In particolare, le emissioni di gas a effetto serra (anidride carbonica, metano, protossido di azoto e altri) dovrebbero essere notevolmente ridotte.⁴⁶ L'integrazione dell'azione per il clima nelle politiche, strategie e pianificazione nazionali⁴⁷ dovrebbe ridurre significativamente i rischi e gli impatti dei cambiamenti climatici.

In molti settori (produzione di calore, agricoltura) è più difficile ridurre le emissioni di gas serra rispetto ai trasporti. Pertanto, la maggior parte degli esperti concorda sul fatto che le emissioni prodotte dai trasporti devono raggiungere a lungo termine il valore 0 al fine di raggiungere gli obiettivi dell'accordo sui cambiamenti climatici (cd. traffico a emissioni zero).

Inoltre, il trasporto è co-responsabile di numerosi problemi ambientali e sanitari causati da polveri sottili, composti azotati e altre emissioni. Anche per questo motivo il traffico a emissioni zero costituisce un importante obiettivo politico.

L'aumento del flusso e dell'efficienza del traffico attraverso l'uso di auto a guida autonoma può già in parte dare un contributo alla riduzione delle emissioni, ma di per sé non garantirà un traffico a emissioni zero. Ciò richiede, che il funzionamento di tutte le auto a guida autonoma contemporaneamente avvenga solo con l'elettricità da fonti rinnovabili (veicoli elettrici con batteria o pila a combustibile). La funzione di guida autonoma e il funzionamento elettrico a batteria sono molto compatibili, in quanto il veicolo stesso sa quando deve ricaricare energia e può collegarsi automaticamente a un punto di ricarica. Di conseguenza, quasi tutti gli attuali progetti di guida autonoma nazionali ed europei attualmente utilizzano veicoli elettrici. L'automazione, la digitalizzazione e l'elettrificazione dei trasporti dagli esperti vengono dunque pensati insieme.



Accesso a sistemi di trasporto sicuri, convenienti, sostenibili e accessibili per tutti⁴⁸ e trasporti non discriminatori⁴⁹

Se la politica e l'economia preparano il terreno, le navette autonome e veicoli simili con compiti di guida specifici e limitati e aree di utilizzo ristrette possono consentire un trasporto locale comodo già nel prossimo futuro. Progettato correttamente, un tale sistema di trasporto richiederebbe meno veicoli e non necessiterebbe quasi di parcheggi (a parte delle fermate). Ciò promette un grande potenziale per la pianificazione urbana e l'assetto territoriale.

Le aree attualmente destinate al traffico potrebbero trovare un nuovo utilizzo (parchi, campi da gioco, caffè, ecc.). Una navetta autonoma può essere inoltre programmata per trattare tutte le persone allo stesso modo, indipendentemente da sesso, età, etnia, orientamento sessuale e caratteristiche o limitazioni fisiche. Tenendo conto delle conclusioni tratte dalle scienze sociali, anche il senso di sicurezza dei passeggeri può aumentare considerevolmente, ad esempio con una progettazione appropriata del veicolo, del sistema, delle fermate e delle rotte. Anche questo ha un grande rilievo per il traffico non discriminatorio.

Il sistema di trasporto odierno si concentra sul trasporto motorizzato privato. Soprattutto nelle zone rurali, quindi, tutte le persone troppo giovani, troppo vecchie o troppo malate per guidare la propria auto o che hanno troppo poco denaro per questo, sono spesso escluse dalla mobilità o dipendenti da un conducente con una patente. I veicoli a motore con funzioni di guida autonoma possono interrompere questa dipendenza rendendo realizzabili e finanziabili per tutti i comuni le nuove forme di trasporto pubblico oltre a quelle tradizionali.

Più spazio per le persone, meno spazio per il traffico, meno consumo di risorse

La mobilità per tutti è sostanzialmente una cosa positiva e promette una migliore qualità della vita. Le città e i paesi le cui strade e piazze sono destinate esclusivamente al traffico e al parcheggio offrono invece una qualità di vita inferiore. Le strade asfaltate danneggiano il terreno e favoriscono le inondazioni.⁵⁰

I veicoli a motore con funzioni di guida autonoma, in combinazione con i trasporti pubblici esistenti, possono fornire mobilità porta a porta conveniente, affidabile ed efficiente per tutti e svolgere un ruolo importante nella logistica locale.

«In questo modo, sarà più facile per molte persone fare a meno delle auto private.»

Matthias Hartwig

Saranno utilizzati meno veicoli anche per le consegne dei pacchi. Inoltre, un volume di traffico inferiore e una valutazione automatica della situazione di traffico si traducono in una migliore gestione del tempo e in un minor numero di ingorghi. In un sistema di traffico digitale, i veicoli possono altresì adattare in modo proattivo la propria velocità alla situazione di traffico e trovare parcheggi e punti di sosta in zone meno trafficate. Le funzioni di guida autonoma trasformano così il paesaggio urbano di pari passo con la digitalizzazione. Inoltre, meno veicoli significa anche meno consumo di risorse.



Rischi di un uso improprio dei dati e opportunità di accesso

L'automazione e la connessione dei trasporti comportano anche rischi. Se i veicoli a motore con funzioni di guida autonoma vengono utilizzati in modo inappropriato, nella peggiore delle ipotesi si teme un aumento del volume di traffico, maggiori emissioni e disuguali opportunità di mobilità. Inoltre, i produttori devono fare tutto il possibile per prevenire possibili attacchi di hacker ai veicoli e garantire la sicurezza dei dati. I veicoli a motore con funzioni di guida autonoma possono essere utilizzati in modo improprio per la raccolta di dati e costituire un obiettivo attraente per gli hacker. Uno sguardo alla Cina rivela ulteriori rischi: la Cina sta attualmente testando un sistema di valutazione con punti sociali per tutti i cittadini cinesi, che potrebbe anche decidere le loro opportunità di accesso ai servizi di mobilità pubblica. Le possibilità di uso improprio di questo tipo devono essere contrastate in modo efficace e completo in Europa da norme coerenti per la protezione e la sicurezza dei dati. Nella ricerca sui veicoli con funzioni di guida autonoma si discute sempre di più su eventuali abusi e possibili soluzioni.

Conclusione: Un nuovo mondo di mobilità?

Prossimo capitolo ➞

Quali possibilità di utilizzo ci sono per i veicoli con funzioni di guida autonoma? Valet parking autonomo, navette autonome per il trasporto pubblico, spedizioni e spazzatrici autonome: esistono numerose opportunità.

Da ciò che è stato mostrato consegue che i veicoli a motore con funzioni di guida autonoma non possono far fronte a ogni possibile situazione di traffico senza l'intervento umano. Alcune circostanze continuano a richiedere l'intervento umano. Almeno su strade extraurbane secondarie ad alta velocità o in situazioni di traffico urbano intenso sono ancora necessari i conducenti.



Tra qualche anno, tuttavia, ci saranno funzioni di guida autonoma che padroneggeranno sempre più situazioni di traffico senza l'intervento del conducente. In stretta cooperazione con un sistema ambientale digitale saranno, per esempio, in grado di entrare e uscire autonomamente da un garage e parcheggiare in un parcheggio aperto (valet parking autonomo). Anche nel trasporto pubblico sono ipotizzabili vari scenari di applicazione localmente e operativamente delimitati. Nel corso degli anni, le aree e i settori di applicazione aumenteranno.

Con taxi autonomi (robo-taxi) in un'area di utilizzo limitata i fornitori di servizi di condivisione potrebbero, entro i prossimi 20 anni, ampiamente coprire le loro attuali aree imprenditoriali con una BMW Vision iNeXT e quindi soddisfare in gran parte l'offerta di car sharing. Si potrebbe anche pensare a una combinazione: chi vuole guidare il robo-taxi può scansionare la propria patente di guida e guidare egli stesso. Attraverso la multi-modalità e la digitalizzazione della comunicazione (app e centrali di mobilità), i veicoli a motore con funzioni di guida autonoma possono diventare un'efficiente parte del trasporto pubblico con mobilità porta a porta. Il traffico sugli assi principali sulle strade extraurbane secondarie e nell'intenso traffico urbano continuerà a essere gestito da autobus con autista. Anche i tram e i treni urbani si adattano (parzialmente) all'applicazione di funzioni di guida autonoma.

Prospettiva per il trasporto privato

Ancora per diverso tempo non sarà possibile acquistare un'auto che affronti ogni situazione di traffico immaginabile senza intervento umano. Tuttavia, saranno presto già in vendita autovetture nel trasporto privato con funzioni limitate come il valet parking autonomo o la guida altamente automatizzata in autostrada. Forse già nei prossimi anni, le città e i comuni forniranno anche aree (singolarmente delimitate) con sistemi ambientali digitali che consentono la guida autonoma per un ampio trasporto pubblico. Le auto private attrezzate potrebbero quindi utilizzare tali sistemi a pagamento. Ancora per diverso tempo, in situazioni di traffico complesse e pericolose, come ad esempio su strade extraurbane secondarie ad alta velocità o nel traffico urbano intenso, i conducenti dei veicoli privati con funzioni di guida autonome dovranno prendere il controllo del veicolo.

Prospettive per veicoli commerciali e trasporti aziendali

Allo stesso modo, l'uso di veicoli con funzioni di guida autonoma nel settore dei veicoli commerciali e dei trasporti aziendali offre molte opportunità. Si può pensare, ad esempio, a spedizioni o spazzatrici autonome che guidano di notte su strade deserte fino al luogo di utilizzo. Tali applicazioni potrebbero essere possibili già tra pochi anni, in quanto non richiedono velocità elevate e sarebbero quindi più facilmente realizzabili.

Inoltre, sono plausibili una varietà di applicazioni commerciali per veicoli con funzioni di guida autonoma. Nel prossimo futuro i porti saranno gestiti da gru, carrelli elevatori e veicoli di trasporto autonomi e nei magazzini i veicoli a motore con funzioni di guida autonoma entreranno presto a far parte della vita di tutti i giorni.

Alcuni anni fa, gli aeroporti hanno iniziato a utilizzare auto a guida autonoma non solo nel trasporto passeggeri, ma anche nella gestione dei bagagli. In questi settori, il potenziale di sicurezza, sostenibilità ed efficienza attraverso funzioni di guida autonome è elevato.



«La rilevanza delle funzioni di guida autonoma per la sicurezza del traffico e delle sue opportunità economiche è molto» elevata.

Matthias Hartwig

Promettono, inoltre, un grande guadagno in termini di comfort e benefici per la vita. Resta da vedere se i veicoli con funzioni di guida autonoma realizzeranno il loro grande potenziale per la protezione dell'ambiente e del clima, se manterranno la promessa di una mobilità invariata con un traffico minore e se sarà possibile una mobilità accessibile e non discriminatoria per tutti. Con un po' di volontà politica, tutto ciò è possibile. I veicoli a motore con funzioni di guida autonoma possono quindi contribuire in modo significativo a una migliore mobilità per tutti.

Progetti nazionali e internazionali per veicoli con funzioni di guida autonoma

Attualmente ci sono diversi progetti in tutto il mondo per sviluppare e testare veicoli a motore con funzioni di guida autonoma. Di seguito sono riportati esempi di progetti nazionali e internazionali. Il futuro mostrerà quali concetti sono realmente adatti per l'uso e il traffico quotidiano.

La seguente selezione riporta progetti di cui fa parte l'IKEM stesso. Il focus è sul trasporto pubblico autonomo:

HEAT („Hamburg Electric Autonomous Transportation“) di HOCHBAHN

➞ Minibus autonomi

HUB CHAIN

➞ Trasporto On Demand

Interregional Automated Transport (I-AT)

➞ Settore logistico e dei trasporti

Sohjoa Baltic

➞ Minibus elettrici a guida autonoma

Esempi Francia: per una panoramica dei piloti francesi sulla guida automatizzata e connessa, consultare ➞ www.ecologique-solidaire.gouv.fr

- ¹ Esempio: Per una panoramica dei problemi attuali nel funzionamento sperimentale delle auto a guida autonoma in Francia dal punto di vista del governo francese, cfr.: République Française: Développement du véhicule automatisé – Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 48, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/90p%20VDEF.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ² INRIA: Véhicules autonomes et connectés, p. 8, <https://www.inria.fr/institut/strategie/vehicules-autonomes-et-connectes> (Consultato: 25/11/2019).
- ³ Norma SAE J3016: <http://articles.sae.org/15021/> (Consultato: 15/10/2019).
- ⁴ Con commento in francese: République Française: Développement du véhicule automatisé – Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 16 e 17, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/90p%20VDEF.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ⁵ Ministerio del Interior (DGT): Instrucción 15/V-113, p. 6, <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ⁶ République Française: Développement du véhicule automatisé – Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 18, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/90p%20VDEF.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ⁷ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, sett. 2015.
- ⁸ Ad esempio in Italia: Art. 10 Decreto 28 febbraio 2018, MIT, <http://www.infoparlamento.it/Pdf/ShowPdf/774> (Consultato: 25/11/2019).
- ⁹ Ad esempio in Spagna: Ministerio del Interior (DGT): Instrucción 15/V-113, p. 3, <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ¹⁰ Ad esempio in Germania proposto da: Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur: Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr, Aprile 2017, p. 15.
- ¹¹ Ciò è sottolineato anche dal governo francese: République Française: Développement du véhicule automatisé – Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 69-71, <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/90p%20VDEF.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ¹² République Française: Développement des véhicules autonomes – Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 4, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).

- ¹³ Art. 12 Decreto 28 febbraio 2018, MIT, <http://www.infoparlamento.it/Pdf/ShowPdf/774> (Consultato: 25/11/2019).
- ¹⁴ Ad esempio in Germania: Wissenschaftlicher Beirat beim Bundesminister für Verkehr und digitale Infrastruktur: Automatisiertes Fahren im Straßenverkehr, aprile 2017, p. 16.
- ¹⁵ Art. 12 Decreto 28 febbraio 2018, MIT, <http://www.infoparlamento.it/Pdf/ShowPdf/774> (Consultato: 25/11/2019).
- ¹⁶ République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 8, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).
- ¹⁷ Ministerio del Interior (DGT): Instrucción 15/V-113, p. 1.
- ¹⁸ §§ 1a, 1b, 1c, 63a e 63b Straßenverkehrsgesetz.
- ¹⁹ § 1b par. 1 frase 1 Straßenverkehrsgesetz.
- ²⁰ § 1b par. 1 frase 2 e par. 2 Straßenverkehrsgesetz.
- ²¹ § 1a par. 4 Straßenverkehrsgesetz.
- ²² § 1b par. 2 n. 2 e § 1a par. 2 comma 1 n. 2 Straßenverkehrsgesetz.
- ²³ § 1a par. 2 comma 1 n. 4 Straßenverkehrsgesetz.
- ²⁴ § 1a par. 2 comma 1 n. 5 Straßenverkehrsgesetz.
- ²⁵ § 1a par. 2 comma 1 n. 2 Straßenverkehrsgesetz.
- ²⁶ In questo senso è anche la definizione del “Modo Autonomo” in Ministerio del Interior (DGT): Instrucción 15/V-113, p. 1, <http://www.dgt.es/Galerias/seguridad-vial/normativa-legislacion/otras-normas/modificaciones/15.V-113-Vehiculos-Conduccion-automatizada.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ²⁷ In questa direzione ragiona anche il governo francese: République Française: Développement des véhicules autonomes – Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 41-45, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).
- ²⁸ République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 44, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).

- ²⁹ République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 45 e 46, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).
- ³⁰ <https://www.istat.it/it/archivio/232366> (Consultato: 25/11/2019).
- ³¹ Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren, Rapporto di giugno 2017, pagine 10-13.
- ³² Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren, Rapporto di giugno 2017, Regola n. 18 Comma 3.
- ³³ <https://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/publications/report-ethics-commission.html> (Consultato: 25/11/2019).
- ³⁴ Obiettivi di sostenibilità ONU 3.6: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg3> (Consultato: 23/05/2019), espressamente come obiettivo per la guida automatizzata e connessa: Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, sett. 2015, p. 9f.
- ³⁵ Esempio: INRIA: Véhicules autonomes et connectés, p. 8, <https://www.inria.fr/institut/strategie/vehicules-autonomes-et-connectes> (Consultato: 25/11/2019).
- ³⁶ Statistisches Bundesamt (2015): Verkehrsunfälle 2014. In: Fachserie 8, Reihe 7, Wiesbaden.
- ³⁷ République Française : Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 8, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).
- ³⁸ République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 7, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).
- ³⁹ Ethik-Kommission Automatisiertes und Vernetztes Fahren, Rapporto di giugno 2017, Regola n. 1 e 2.
- ⁴⁰ Obiettivi di sostenibilità ONU 8.2: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg8> (Consultato: 23/05/2019).
- ⁴¹ Allied Market Research (2018): <https://www.alliedmarketresearch.com/autonomous-vehicle-market> (Consultato: 15/10/2019).

- ⁴² République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 41-45, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).
- ⁴³ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Strategie automatisiertes und vernetztes Fahren, sett. 2015, pp. 10-12.
- ⁴⁴ U.S. Department of Transportation: Preparing for the future of transportation – Automated Vehicles 3.0, p. ii; <https://www.transportation.gov/sites/dot.gov/files/docs/policy-initiatives/automated-vehicles/320711/preparing-future-transportation-automated-vehicle-30.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ⁴⁵ République Française: Développement des véhicules autonomes - Orientations stratégiques pour l'action publique, maggio 2018, p. 41-45, https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/sites/default/files/18029_D%C3%A9veloppement-VA_8p_DEF_Web.pdf (Consultato: 25/11/2019).
- ⁴⁶ Accordo di Parigi, art. 2 par. 1 lit. a: <http://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio/allegati/cop21/ACCORDO%20DI%20PARIGI%20Traduzione%20non%20ufficiale.pdf> (Consultato: 25/11/2019).
- ⁴⁷ Obiettivi di sostenibilità ONU 13.2: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg13> (Consultato: 23/05/2019).
- ⁴⁸ Obiettivi di sostenibilità ONU 11.2 e 11.3: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg11> (Consultato: 23/05/2019)
- ⁴⁹ Obiettivi di sostenibilità ONU 5.1 e 10.2.
- ⁵⁰ La minore impermeabilizzazione del suolo è un indicatore di sostenibilità ambientale ONU 11.3.1.

Indice delle immagini

[torna all'inizio](#) ↶

Copertina	© Steven Han / Gettyimages
Pagina 5	© J2R / Gettyimages
Pagina 7	© BMW Group
Pagina 9	© 7077' / Eyeem
Pagina 11	© Liao Xie / Gettyimages
Pagina 16	© BMW Group
Pagina 24	© Danny Hu / Gettyimages
Pagina 26	© Fabian Plock / Gettyimages
Pagina 26	© Bim / Gettyimages
Pagina 27	© Yevgeniy Babichenmo / Gettyimages
Pagina 30	© Adinda Fika / Unsplash
Pagina 32	© Tomasz Zajda / Gettyimages
Pagina 36	© Bill Bonfield / Gettyimages
Pagina 38	© Mareen Fischinger / Gettyimages
Pagina 41	© Bim / Gettyimages
Pagina 43	© Shi Jing / Gettyimages
Pagina 44	© Michele Palazzo / Gettyimages
Pagina 48	© Yulia-Images / EyeEm
Pagina 51	© Clu / Gettyimages
Pagina 52	© Ferrantraite / Gettyimages
Pagina 56	© Prasit photo / Gettyimages



Note legali

Bayrische Motoren Werke AG

Petuelring 130

80788 Monaco

Telefono: 02 51610111

Contatti: ➔ bmw.com/contact