

## Advanced Cruise Control (ACC)

### Samenvatting

Advanced Cruise Control (ACC), ook bekend als Adaptive, Active of Intelligent Cruise Control, handhaaft niet alleen de door de bestuurder ingestelde rijsnelheid, maar stemt ook de snelheid van het voertuig af op die van de voorligger. ACC helpt op deze manier om een vooraf bepaalde volgtijd tot de voorligger te handhaven. Wanneer ze worden gebruikt op snelwegen zonder dat er sprake is van filevorming, kunnen ACC-systemen een gunstig effect hebben op de verkeersveiligheid. Onder deze omstandigheden heeft ACC een matigend effect op de rijsnelheid en vermindert het percentage zeer korte volgafstanden. Negatieve veiligheidseffecten zijn te verwachten bij ACC-gebruik in druk verkeer, en op andere wegen dan hoofdwegen binnen en buiten de bebouwde kom. Daarnaast kan ACC het benzineverbruik en de wegcapaciteit positief beïnvloeden. Nieuwe generaties nóg intelligentere ACC zijn op dit moment in ontwikkeling.

### Achtergrond en inhoud

Eind jaren negentig heeft de automobiellindustrie de eerste Advanced Cruise Controlsystemen (ACC) op de markt als uitbreiding op de 'conventionele cruisecontrol'. ACC is ontwikkeld ter verbetering van comfort en gemak en niet zozeer als veiligheidssysteem. Er wordt echter vaak verondersteld dat ACC-systemen niet alleen positieve effecten hebben op de verkeersafwikkeling en het milieu, maar dat ze ook de verkeersveiligheid positief zouden kunnen beïnvloeden. Deze factsheet geeft een overzicht van de huidige ACC-systemen en hun invloed op de veiligheid, het milieu en de verkeersdoorstroming, en kijkt naar de te verwachten volgende generaties ACC.

### Wat is ACC?

Advanced Cruise Control (ACC), ook wel Adaptive, Active of Intelligent Cruise Control genoemd, is een uitbreiding op de conventionele cruisecontrolsystemen. ACC handhaaft niet alleen de door de bestuurder ingestelde rijsnelheid, maar stemt ook de snelheid van het voertuig af op die van de voorligger en helpt zo een vooraf ingestelde volgtijd tussen de eigen auto en de voorligger te handhaven. ACC gebruikt een radar-/laser-sensor aan de voorzijde van het voertuig om voorliggers te detecteren en past daar vervolgens de voertuigsnelheid en –afstand op aan door de benzinetoevoer te controleren of door licht te remmen. Actief remmen door ACC kan meestal hoogstens 30% van het maximale remvermogen van het voertuig bereiken. Als er een sterkere snelheidsvermindering nodig is, wordt de bestuurder gewaarschuwd door een geluidssignaal. Als het voorliggende, langzamer rijdende voertuig zich niet langer op dezelfde rijstrook bevindt, zal de snelheid van het voertuig weer worden teruggebracht naar de vooraf ingestelde kruissnelheid.

De eerste ACC-systemen die eind jaren negentig op de markt werden gebracht, waren een vrij prijzige optie voor de duurdere automodellen. Vandaag de dag is ACC aanwezig op een veel breder assortiment automodellen. De penetratiegraad binnen het gehele voertuigpark is echter nog erg laag. De meeste ACC-systemen die momenteel beschikbaar zijn werken bij snelheden boven de 30 km/uur en hebben een detectieafstand tussen de 120 en 150 meter. De volgafstand wordt handmatig ingesteld tussen de 1 en 3 seconden.

### Wat zijn de effecten van ACC op de verkeersveiligheid?

ACC is in eerste instantie ontwikkeld als comfortstelsysteem en niet als veiligheidssysteem, voornamelijk vanwege de beperkte rem- en acceleratiemogelijkheden en de daaraan gerelateerde aansprakelijkheidsvraagstukken. Hoewel ACC-systemen als comfortsystemen worden beschouwd, worden er ook verkeersveiligheidseffecten van verwacht; de voorspelde veiligheidseffecten variëren echter.

In het laatste decennium zijn er verschillende onderzoeken uitgevoerd naar de effecten van ACC op het rijgedrag, maar ze hadden verschillende resultaten. Sommige onderzoeken tonen aan dat ACC een positief effect heeft op de verkeersveiligheid, bijvoorbeeld door het verlagen van de gemiddelde

rijnsnelheid (Hoedemaeker, 1999), een verlaging van de maximumsnelheid (Bjørkli et al. 2003), een vermindering van de snelheidsverschillen en dus een toename van homogene snelheden (Hoedemaeker, 1999) en een vermindering van het aantal zeer korte volgafstanden (Alkim, Bootsma & Looman, 2007). Er zijn echter ook negatieve veiligheidseffecten van ACC gevonden, zoals meer positiewisselingen op de rijstrook (Hoedemaeker & Brookhuis, 1998), later remmen en het vaker inrijden op een stilstaande file.

ACC-systemen die verschillen in operationele kenmerken kunnen ook verschillende effecten op het rijgedrag hebben. ACC-systemen die een groter deel van de rijtaak overnemen en die meer ondersteuning bieden in een groter aantal kritieke situaties (bijvoorbeeld doordat ze in elke situatie tot totale stilstand kunnen komen) lijken ertoe te leiden dat bestuurders hun gedrag aanpassen door de rijnsnelheid te verhogen (Dragutinovic et al., 2005).

Daarnaast spelen verkeersomstandigheden zoals verkeersdichtheid en het wegtype een rol in de waargenomen effecten. Als ACC wordt gebruikt in rustig verkeer, zal de gemiddelde rijnsnelheid waarschijnlijk afnemen en zullen de snelheden homogener zijn. Als daarentegen ACC wordt gebruikt in druk verkeer, zal de gemiddelde rijnsnelheid naar verwachting hoger worden en er zijn aanwijzingen dat de snelheden minder homogeen zullen zijn. Deze aanwijzingen zijn echter minder sterk dan die voor rustig verkeer.

Wat het wegtype betreft, zou ACC vanuit verkeersveiligheidsoogpunt niet gebruikt moeten worden op wegen met bochten en kruisingen buiten de bebouwde kom en op wegen binnen de bebouwde kom. ACC-systemen hebben namelijk problemen met de detectie van fietsers en voetgangers en van voertuigen die zich buiten de gezichtslinje bevinden (Hoetink, 2003).

Een ACC-veldproef die in Nederland is uitgevoerd toont aan dat ACC het aantal verkeersongevallen op snelwegen kan doen afnemen met ongeveer 13% en die op provinciale hoofdwegen met 3,4%, als alle voertuigen zouden zijn uitgerust met ACC (Alkim, Bootsma & Looman, 2007). Wel heeft men enkele kanttekeningen geplaatst bij de validiteit van de resultaten wat betreft de representativiteit van de provincie Zuid-Holland en wat betreft het verband tussen de lichte verhoging van de gemiddelde snelheid en het gebruik van ACC. Er is ook enige twijfel over mogelijke voorkeurseffecten die te wijten zouden zijn aan de zelfselectie van de proefpersonen – een groep van 19 leaserijders met betrekkelijk veel rijervaring –, over verschillende typen van mogelijke gedragsaanpassing en over externe factoren zoals een toekomstig hoger aantal voertuigkilometers.

### **Wat zijn de effecten van ACC op de verkeersdoorstroming?**

Verscheidene simulatiestudies hebben de mogelijke invloed van ACC op de verkeersstroom onderzocht. De studies gebruikten verschillende ACC-algoritmes, bijvoorbeeld voor verschillende volgafstanden, en pasten die toe in verschillende omgevingen, bij verschillende penetratiegraden en bij gebruik van verschillende gedragsmodellen. Al deze verschillen hadden grote invloed op de uitkomsten voor capaciteit en snelheid en maken een vergelijking van deze studies en hun uitkomsten erg moeilijk.

Bij een ACC-penetratiegraad van 40% en een volgtijd van een seconde, schatten Broqua et al. (1991) de toename van de doorstroming op 13%. Minderhoud & Bovy (1998) vinden een afname van de gemiddelde snelheid als gevolg van een snelheidsvermindering op de linkerrijstrook als een ACC met een volgtijd van 1,4 s of hoger wordt gebruikt. Minderhoud & Bovy (1999) hebben simulaties uitgevoerd met zeer korte volgtijden van 0,8 s en concluderen dat de huidige ACC-systemen met een seconde volgtijd een capaciteitswinst van 4% tot gevolg kunnen hebben.

### **Wat zijn de effecten van ACC op het milieu?**

ACC vermindert de standaardafwijking in de rijnsnelheid van individuele voertuigen tot wel 50%, wat betekent dat ACC leidt tot homogenere rijnsnelheden. Dit is de voornaamste reden waarom men verwacht dat ACC zal leiden tot een vermindering in het benzinegebruik en daarmee in schadelijke uitstoot.

Bose & Ioannou (2001) hebben veldexperimenten en simulatiemodellen gebruikt om de milieueffecten van ACC te kwantificeren. Hun resultaten tonen aan dat een ACC-penetratiegraad van 10% de verkeersstroom gelijkmatiger maakt en daardoor zal leiden tot een lager brandstofverbruik en minder vervuiling dan bij rijden zonder ACC. In het onderzoek 'Rij-Assistent' hebben Alkim, Bootsma & Looman (2007) een vermindering van het benzineverbruik van 3% gevonden.

### **Accepteren bestuurders ACC?**

In het algemeen vinden bestuurders ACC een nuttig en aangenaam systeem. Bepaalde systeem-eigenschappen, zoals de vrijheid om zelf verschillende volgtijden te kunnen kiezen, kunnen de acceptatie van het systeem sterk beïnvloeden (Hoedemaeker, 1999). Bestuurders vinden ACC betrouwbaar, eenvoudig te bedienen en makkelijk in het gebruik, hoewel er heel weinig objectieve gegevens beschikbaar zijn over het leren rijden met ACC. Het lijkt erop dat er twee of drie weken van intensief rijden nodig zijn om de bediening en de werking van ACC onder de knie te krijgen. Uitgedrukt in afgelegde afstand, lijkt er ongeveer 400 km rijden met ACC nodig te zijn om te leren, te begrijpen en te anticiperen op hoe ACC werkt (Brouwer & Hoedemaeker, 2006). Helaas is het rijden met ACC, net als met de conventionele cruisecontrol, nog geen officieel onderdeel van de rijopleiding, en aangezien de meeste bestuurders de gebruiksaanwijzing niet lezen, is de uitleg van de verkoper de meest gebruikelijk manier om met ACC vertrouwd te raken (Portouli et al. 2006).

Het ACC-gebruik door bestuurders is gerelateerd aan het wegtype en de verkeersomstandigheden. ACC wordt het meest gebruikt op snelwegen, iets minder op provinciale wegen en bijna nooit binnen de bebouwde kom. Op de snelweg gebruiken bestuurders ACC bovendien voornamelijk onder omstandigheden met een vrije doorstroom (snelheden boven de 90 km/uur), minder in drukke verkeersomstandigheden (snelheden tussen 70 en 90 km/uur) en nauwelijks bij congestie (snelheden lager dan 70 km/uur) (Alkim, Bootsma & Looman, 2007).

### **Wat zijn de laatste ontwikkelingen?**

Voortschrijdende technologische ontwikkelingen kunnen uiteindelijk resulteren in een nieuwe generatie ACC-systemen. Relevante ontwikkelingen zijn de verbetering van het autonome ACC-systeem, en de combinatie van verschillende ADAS-functionaliteiten (Advanced Driver Assistance Systems) tot een meer geïntegreerd bestuurdersondersteuningssysteem. Morsink et al. (2007) beschrijven een aantal initiatieven voor betere snelheidsondersteuning en betere anticipatie op gevaarlijke situaties. Hieronder wordt een aantal van deze initiatieven besproken.

'*Stop and go*'-systemen worden gezien als de volgende generatie ACC. Anders dan de gewone ACC heeft dit systeem de mogelijkheid om het voertuig af te remmen tot volkomen stilstand. Om dit mogelijk te maken moet '*Stop and go*'-ACC onder meer in staat zijn om andere weggebruikers of stilstaande objecten op veel kortere afstand te signaleren dan de gewone ACC. ACC die werkt van stilstand tot de maximumsnelheid wordt ook wel '*Full-range*'-ACC genoemd. Full-range-ACC werkt alleen op automatisch geschakelde voertuigen. Nog een ander type ACC is de *Predictive Cruise Control (PCC)*. Dit systeem geeft locatiespecifieke waarschuwingen, zoals over de snelheid bij nadering van een gevaarlijke bocht, door bijvoorbeeld gebruik te maken van het navigatiesysteem. PCC wordt ook gebruikt in vrachtauto's om het benzinegebruik te verminderen. Het PCC-systeem ontvangt in dat geval geografische kenmerken, zoals hellingen en dalingen in het wegverloop, en gebruikt deze informatie om door snelheidsingrepen het benzinegebruik te reduceren.

De combinatie van ACC en *Intelligente Snelheidsassistentie (ISA)* (zie ook de SWOV-factsheet [Intelligente Snelheidsassistentie \(ISA\)](#)) waarbij de ACC de geldende snelheidslimiet als standaardwaarde neemt, is veelbelovend. Terwijl ISA de gemiddelde snelheid terugbrengt, kan ACC bumperkleven verminderen en snelheidswisselingen verminderen. In feite kan PCC ook als een vorm van ISA worden beschouwd die functioneel is geïntegreerd in ACC.

Een combinatie van ACC en *Lane Departure Warning (LDW)* is onderzocht in het onderzoek van Alkim, Bootsma & Looman (2007). Hoewel de conclusie luidt dat LDW veel minder effectief is dan ACC, rapporteren verscheidene bestuurders in de test een positief effect van een geïntegreerd LDW-ACC-systeem. Als alleen met ACC wordt gereden, neemt de variatie in dwarspositie op de rijstrook licht toe. De bestuurders in de test vinden dat de waarschuwing van het LDW dit ruimschoots compenseert en hun waakzaamheid vergroot.

Communicatie tussen voertuigen onderling en tussen voertuig en wegomgeving wordt gezien als een technologie waarmee een nieuwe generatie ADAS mogelijk wordt gemaakt. Verscheidene Europese onderzoeksprojecten zoals [SAFESPOT](#), [COOPERS](#) en [CVIS](#) werken aan deze zogeheten coöperatieve systemen. *Cooperative ACC (CACC)* maakt gebruik van communicatie tussen een aantal met ACC uitgeruste voertuigen die dezelfde rijstrook gebruiken en/of communicatie met wegkantssystemen. De voertuigen wisselen informatie uit over hun positie, snelheid en snelheidsafname. Dit kan de veiligheid doen toenemen omdat het ACC-systeem de snelheidsondersteuning kan optimaliseren en de bestuurders vroegtijdig kan waarschuwen voor remmende of langzaam

rijdende voertuigen die zich voor hen bevinden. De mogelijke verbetering van de verkeersveiligheid zou samen kunnen gaan met een verbeterde verkeersdoorstroming en verminderde uitstoot op hoofdwegen (Malone & Van Arem, 2004). Als alle voertuigen ermee zouden zijn uitgerust, zou CACC met een volgtijd van 0.5 s tot bijna een verdubbeling van de capaciteit kunnen leiden (Van der Werf et al. 2002). Uitgaande van een verdere automatisering van de rijtaak zou een dergelijke capaciteitswinst op de langere termijn kunnen worden bereikt zonder de veiligheid in gevaar te brengen.

## Conclusie

ACC-systemen kunnen een gunstig effect hebben op de verkeersveiligheid als ze worden gebruikt op snelwegen met doorstromend verkeer. Onder deze omstandigheden heeft ACC een matigend effect op de rijnsnelheid en vermindert ACC het percentage korte volgtijden. Een bijkomend positief effect is een afname van het benzineverbruik. Negatieve verkeersveiligheidseffecten zijn te verwachten als ACC wordt gebruikt in druk verkeer en op andere wegen dan hoofdwegen binnen en buiten de bebouwde kom. Onder dat soort omstandigheden is er een mogelijke afname van het detecterend vermogen van het ACC-systeem. Ook het gedrag van de bestuurder in kritieke situaties en het effect van bepaalde ACC-functioneringskenmerken kunnen negatief uitwerken op de verkeersveiligheid. Nieuwe ontwikkelingen zullen naar alle waarschijnlijkheid de positieve effecten op verkeersveiligheid, verkeersafwikkeling en milieu kunnen vergroten. Nader onderzoek is echter nodig om de invloed van de huidige en toekomstige ACC-generaties op de verkeersveiligheid en de overige effecten in kaart te brengen en te beoordelen. Daarnaast is het noodzakelijk om een formele training in het rijden met ACC en andere vormen van ADAS te ontwikkelen en bestuurders zo te helpen de voor- en nadelen van ACC-systemen beter te leren kennen en te begrijpen.

## Publicaties en bronnen

Alkim, T., Bootsma, G. & Looman, P. (2007). [De Rij-Assistent: systemen die het autorijden ondersteunen](#). Studio Wegen naar de Toekomst (WnT), Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Delft.

Bose, A. & Ioannou, P. (2001). [Evaluating of the environmental effects of Intelligent Cruise Control Vehicles](#). In: Transportation Research Record, nr. 1774, p. 90-97.

Bjørkli, C., et al. (2003). *Adaptive Cruise Control (ACC) and driver performance: effects on objective and subjective measures*. In: [Solutions for today... and tomorrow; Proceedings of the 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transportation Systems and Services ITS, 16-20 November 2003, Madrid, Spain](#). ERTICO - ITS Europe, Brussels.

Broqua, F., et al. (1991). [Co-operative driving: basic concepts and a first assessment of "Intelligent Cruise Control" strategies](#). In: Advanced Telematics in Road Transport; Proceedings of the DRIVE Conference, Brussels, 4-6 February 1991, Volume II, p. 908-929.

Brouwer, R.F.T. & Hoedemaeker, D.M. (eds.) (2006). [Driver support and information systems: Experiments on learning, appropriation and effects on adaptiveness](#). Deliverable D1.2.3 of the AIDE project. European Commission, Brussels.

Dragutinovic, N., et al. (2005). [Behavioural effects of advanced cruise control use: a meta-analytic approach](#). In: European Journal of Transport and Infrastructure Research, vol. 5, nr. 4, p. 267-280.

Hoedemaeker, M. (1999). [Driving with intelligent vehicles; Driving behaviour with Adaptive Cruise Control and the acceptance by individual drivers](#). TRAIL Thesis series T99/6. Delft University Press, Delft.

Hoedemaeker, M. & Brookhuis, K.A. (1998). [Behavioural adaptation to driving with an adaptive cruise control \(ACC\)](#). In: Transportation Research Part F, vol. 1F, nr. 2, p. 95-106.

Hoetink, A.E. (2003). *Advanced Cruise Control in the Netherlands; A critical review*. In: [Solutions for today... and tomorrow; Proceedings of the 10th World Congress and Exhibition on Intelligent Transportation Systems and Services ITS, Madrid, Spain, 16-20 November 2003](#). ERTICO - ITS Europe, Brussels. Paper nr. 4082. Based on SWOV report [R-2003-4](#).

Malone, K.M. & Arem, B. van (2004). *Traffic Effects of Inter-Vehicle Communication Applications in CarTALK 2000*. In: [ITS for a livable society; Proceedings of the 11<sup>th</sup> World Congress on ITS, 18-22 October 2004, Nagoya, Japan](#). ITS Japan / ITS America, Tokyo / Washington.

Minderhoud, M.M. & Bovy, P.H.L. (1998). [Impact of intelligent cruise control strategies and equipment rate on road capacity](#). In: Towards the new horizon together; Proceedings of the 5th world congress on intelligent transport systems, held 12-16 October 1998, Seoul, Korea, Paper nr. 2145.

Minderhoud, M.M. & Bovy, P.H.L. (1999). [Development of a microscopic simulation model for AICC](#). In: ITS: smarter, smoother, safer, sooner; Proceedings of 6th World Congress on Intelligent Transport Systems (ITS), held 8-12 November 1999, Toronto, Canada.

Morsink, P., et al. (2007). [Speed support through the intelligent vehicle; Perspective, estimated effects and implementation aspects](#). R-2006-25. SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam.

Portouli, E., et al. (2006). [Long-term phase test and results](#).. Deliverable D1.2.4 of the AIDE project. European Commission, Brussels.

Werf, J. van der, et al. (2002). [Effects of adaptive cruise control systems on highway traffic flow capacity](#). In: Intelligent transportation systems and vehicle-highway automation 2002; Transportation Research Record TRR 1800, p. 78-84.