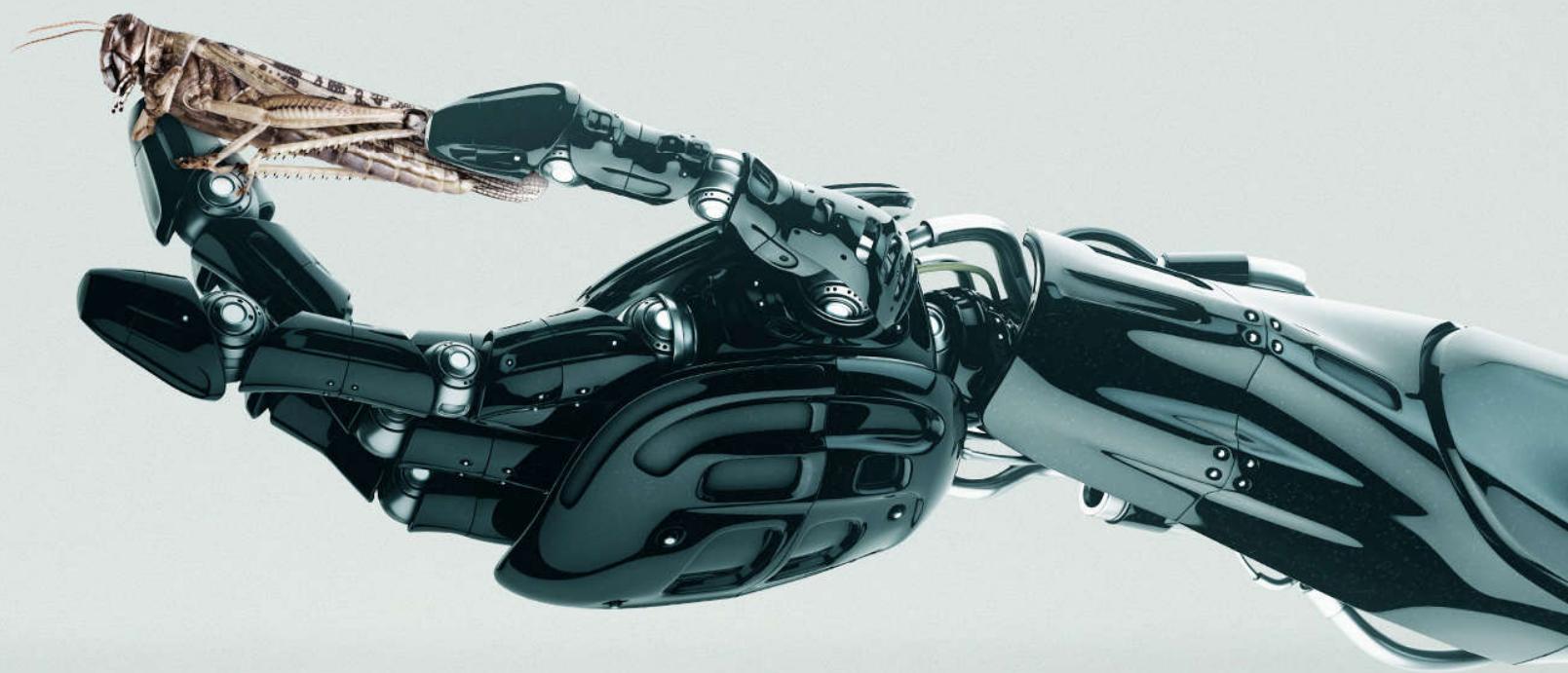




DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

it's all about innovation





DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Datalogforeningens stormøde

5 november 2016

Selvkørende robotter (og biler) – software som driver for innovation

Lidt om mig



- Thomas Almdal, Projektleder
 - Uddannet ved SDU, DTU
 - B.Sc.Me – Diplomingeniør Mekatronik
 - M.Sc.EE – speciale i autonome robotsystemer
 - HD(1)
- Arbejdsområde ved TI
 - Autonome robotsystemer
 - Droner
 - Sikre kollaborative robotter





DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

MOBILE ROBOTTER

Hvorfor er de interessante

Traditionelle AGV'er

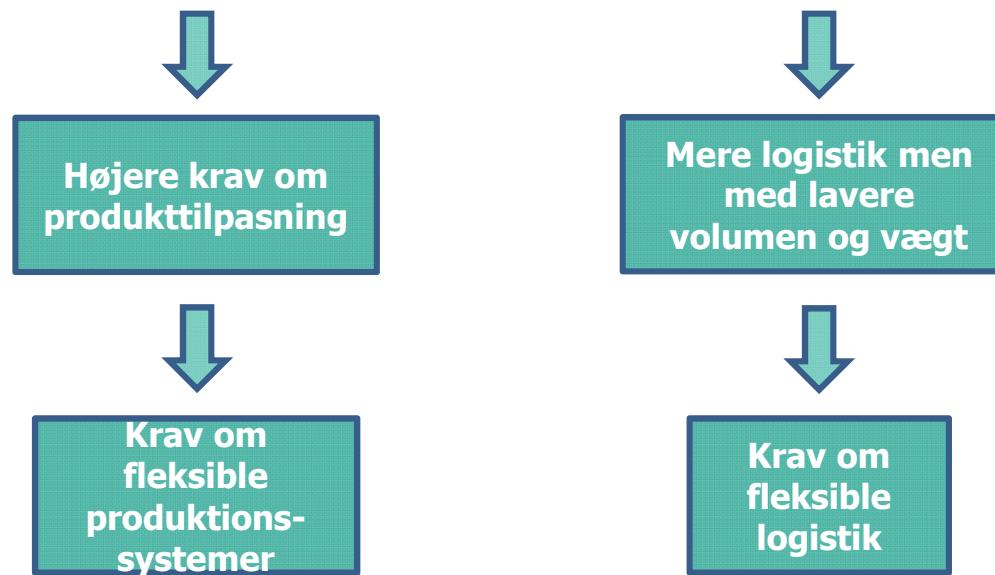
- *Automated Guided Vehicles*
- Siden 1953
- Faste kørebaner – linjer i gulvet, reflekser, tape, el. lign.
- Ændringer i ruter og destinationer kræver typisk ekstra ingenørtimer
- Ingen nærkontakt med mennesker



Service Roboter - logistikrobotter

Ændringer i produktionslandskabet

- Fra serie produktion → til ordre produktion
- Krav om højere grad af produktvariation
- High-mix/low-volume (HMLV)



Små Fleksible Mobile Robotter



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



FIGUR 1 - MIR100 FRA MOBILE INDUSTRIAL ROBOTS



FIGUR 2 - MP400 FRA NEOBOTIX



FIGUR 3 - LYNX FRA A DEPT



FIGUR 7 - FREIGHT FRA FETCH ROBOTICS



FIGUR 4 - MPO-700 FRA NEOBOTIX



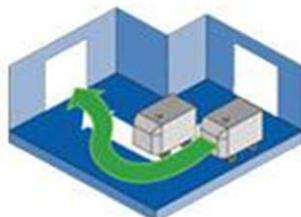
FIGUR 5 - AMV-1 FRA BLUEBOTICS



FIGUR 6 - MP500 FRA NEOBOTIX



FIGUR 8 - OTTO100 FRA CLEARPATH ROBOTICS



Små Fleksible Mobile Robotter

- **Typiske karakeristika:**
 - Lastevne: 50-300 kg
 - Operationstid : 10-20 hours
 - Investering: €16,000 - €40,000
 - Gns. dimensioner: 500 x 500 x 1000mm
 - Miljø tilpasninger: Ingen krævede
 - Sikkerhed: Sikkerheds laser scanner
 - Hastighed: < 1.5 m/s
 - EU platform producenter: < 10
- **Task compliance:**
 - A-to-B logistik
 - Conveyors, kabinetter, skærme, "ansigter", HRI komponenter, mv. kan som regel monteres oven på platformen
- **Stærke applikations potentialer:**
 - Sundhedssektoren, produktionsindustri, and servicesektoren



Små Fleksible Mobile Robotter

- Typiske karakeristika:

- Lastevne:
- Operationstid:
- Investering:
- Gns. dimensjoner:
- Miljø tilpasning:
- Sikerhed:
- Hastighed:
- EU platform:

- **Typical integrators for one-off solutions:**

- The platform producers themselves. It often requires strong technical competences to realise a system.

- **System integrators for larger or duplicate installations:**

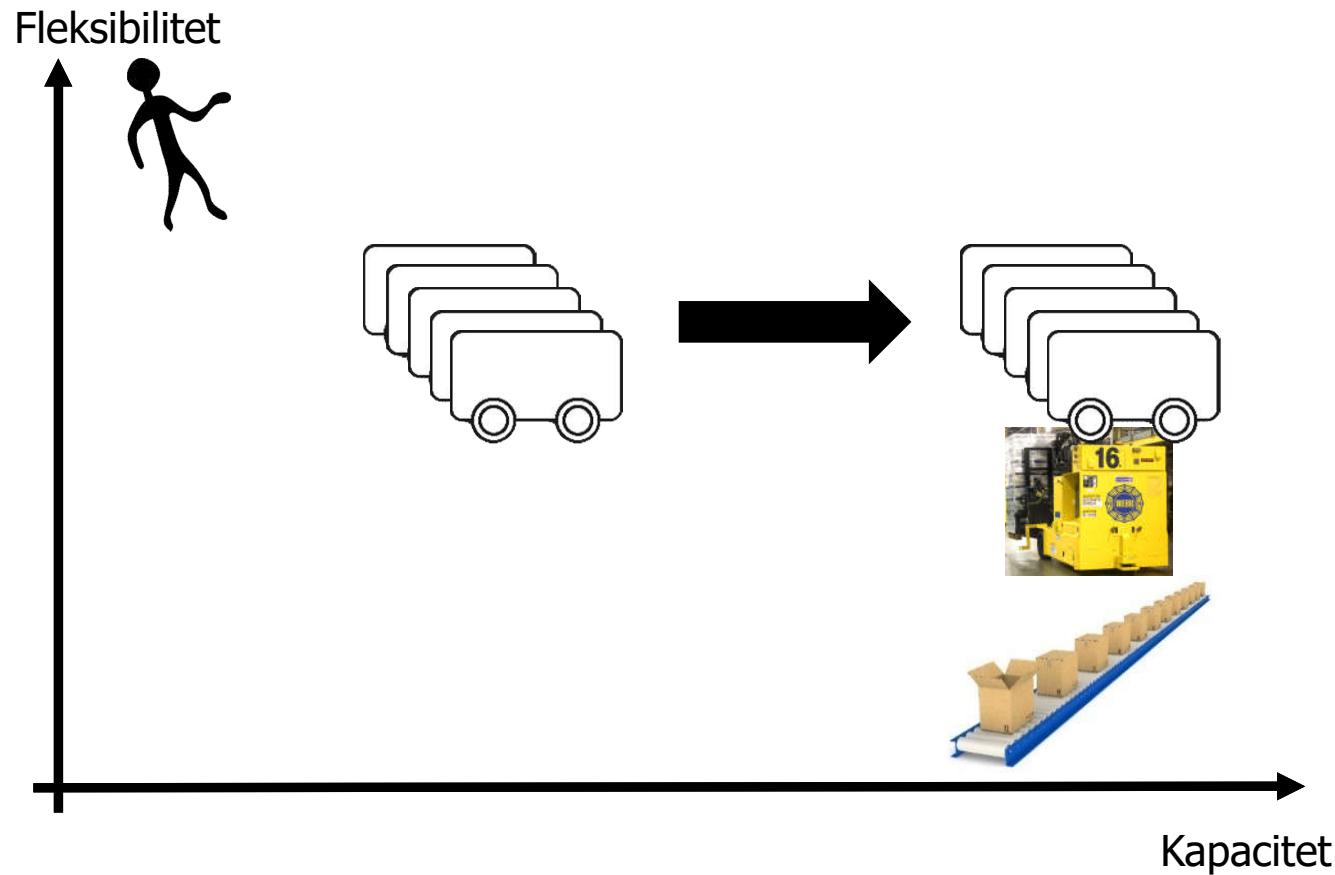
- **Alarmingly few!** Besides technical competences it often requires in-depth process and systems knowledge to argue Rol. It is deceptively challenging.

- Stærke applikationer:

- Sundhedssektoren, produktionsindustri, and servicesektoren

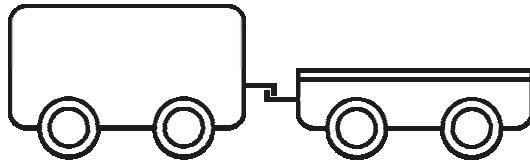


Hvorfor er de interessante?

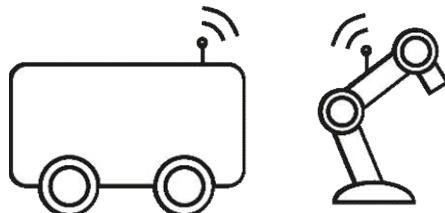


Hvorfor er de interessante?

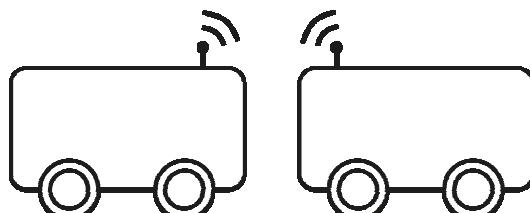
- Transport med trailer



- Samarbejde med f.eks. manipulators

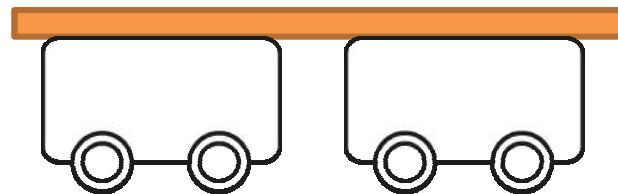


- Flere samarbejdende robotter

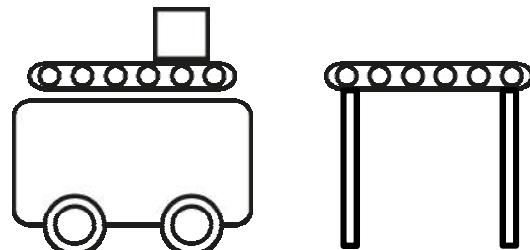


Hvorfor er de interessante?

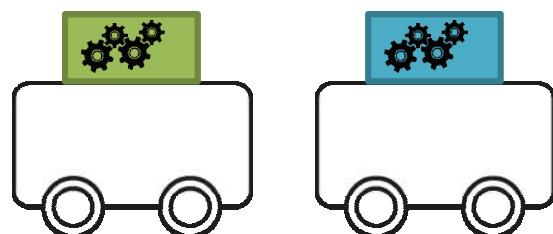
- Flere samarbejdende robotter



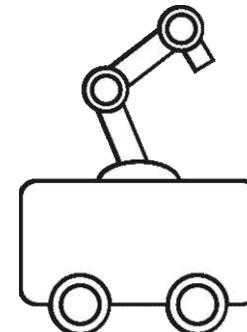
- Samarbejde med automationsudstyr



- Proces under transportfasen



- Mobil manipulation

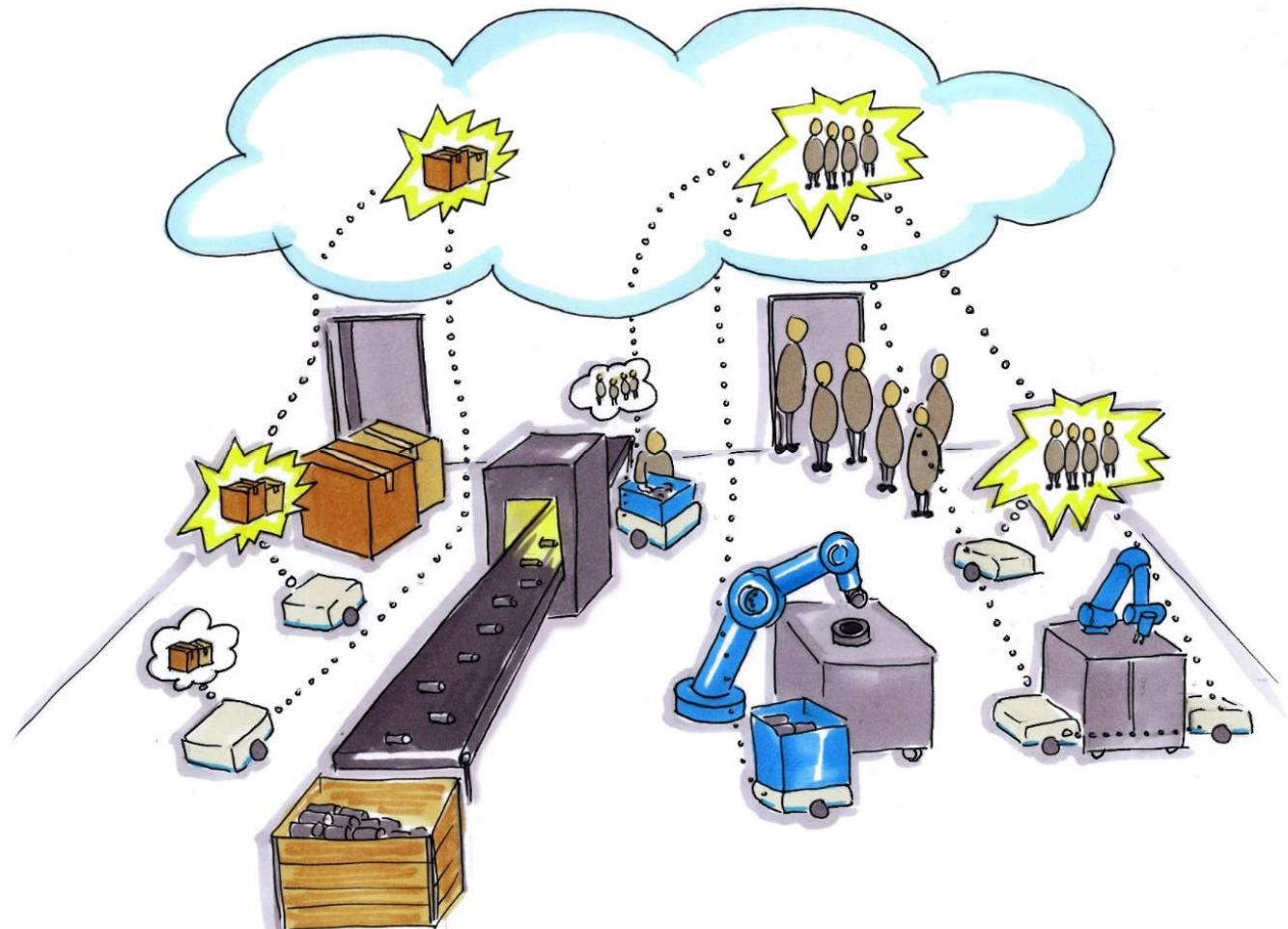


- Overvågning og inspektion



"Emerging" scenarie – I4.0

Cyber physical systemer til produktion og logistik



R5-COP (ARTEMIS-JU)

*Reconfigurable ROS-based Resilient Reasoning Robotic COoPerating Systems,
2014-2017*

Focus

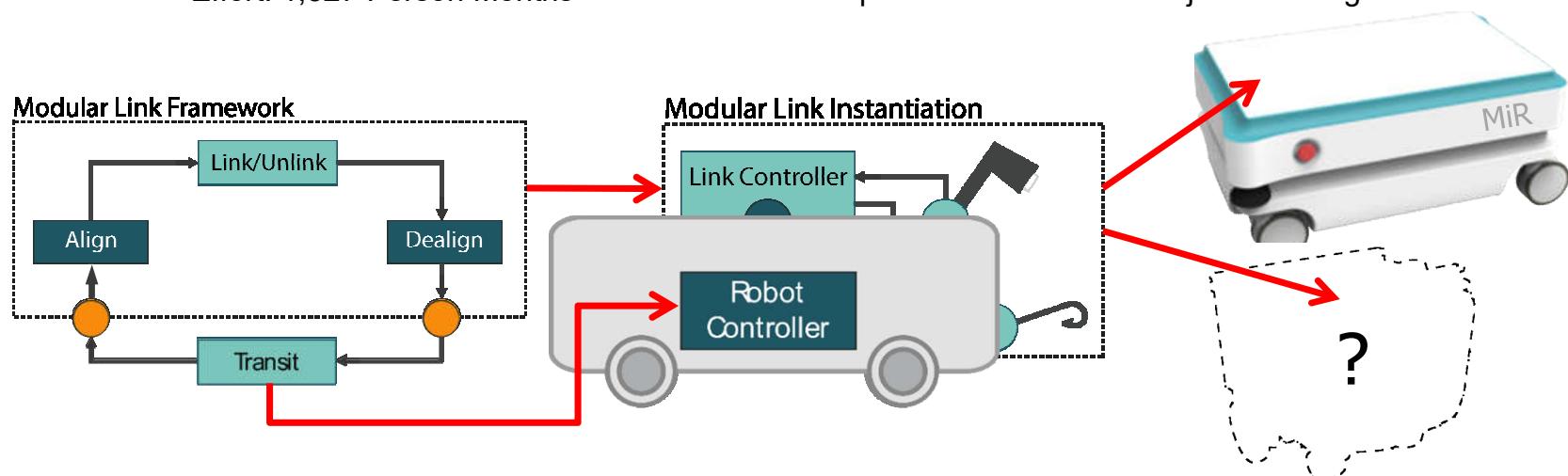
- ✓ Few robotic components are designed for easy adaptation and reuse
- ✓ R5-COP focuses on agile manufacturing paradigms and specifically on modular robotic systems
- ✓ R5-COP will help to identify and develop reconfigurable key hardware and software components

Project

- ✓ 1/2-2014 – 31/1-2017
- ✓ 30 partners
- ✓ Budget: ~ €12,000,000
- ✓ Effort: 1,327 Person Months

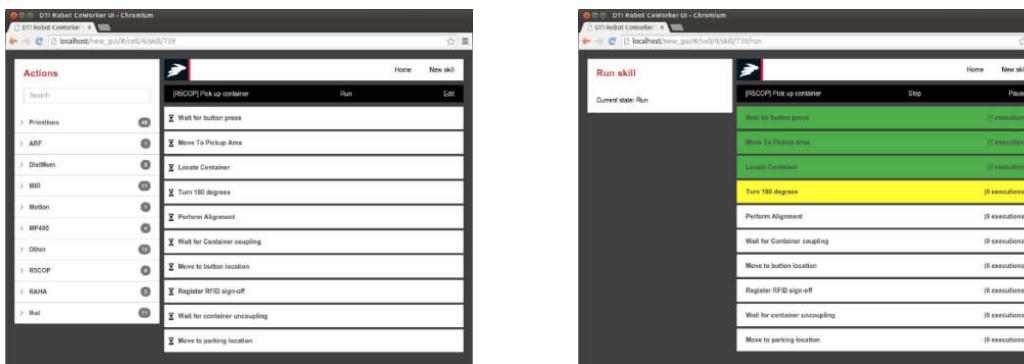
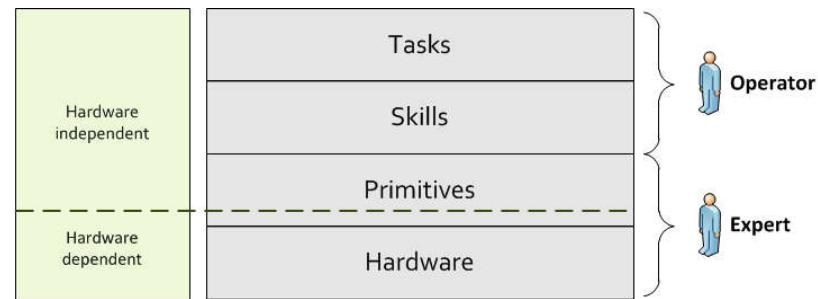
DTI

- ✓ Development of a **Modular Link Framework (MLF)** for flexible task-configuration of existing mobile robots
→ “**Rapid prototyping**”
- ✓ MLF decouples locomotion from object handling



Modular Link Controller (MLC)

- **Link Controller Hardware**
 - Intel NUC
- **Skilled Robotics – Mobile CoWorker (based on DTI Robot CoWorker [PRACE, SMErobotics (FP7)])**
 - Execution of skills decoupled from robot hardware – i.e. skills reusable across platforms
 - Combine one or more primitives into skills
 - Combine skills to higher level skills and tasks
- Intuitive Graphical User Interface – modular drag'n'drop





DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

MOBILE ROBOTTER

Hvordan ser de verden?

Sensorik

- Laser (LIDAR)



- Ultralyd



- Dybdefølsomt kamera



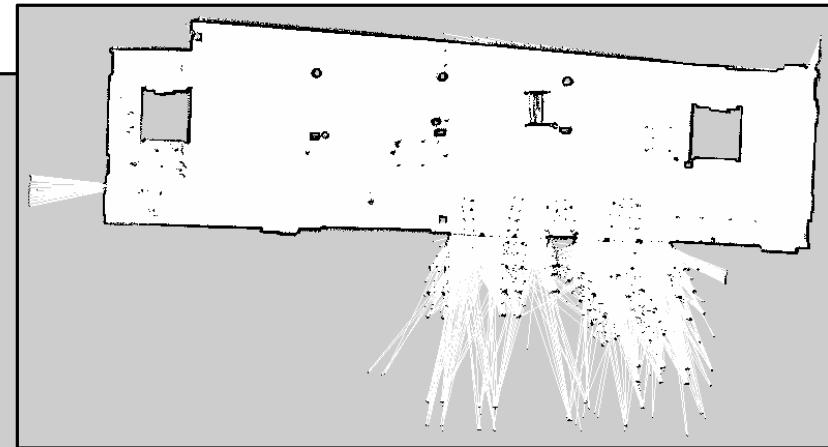
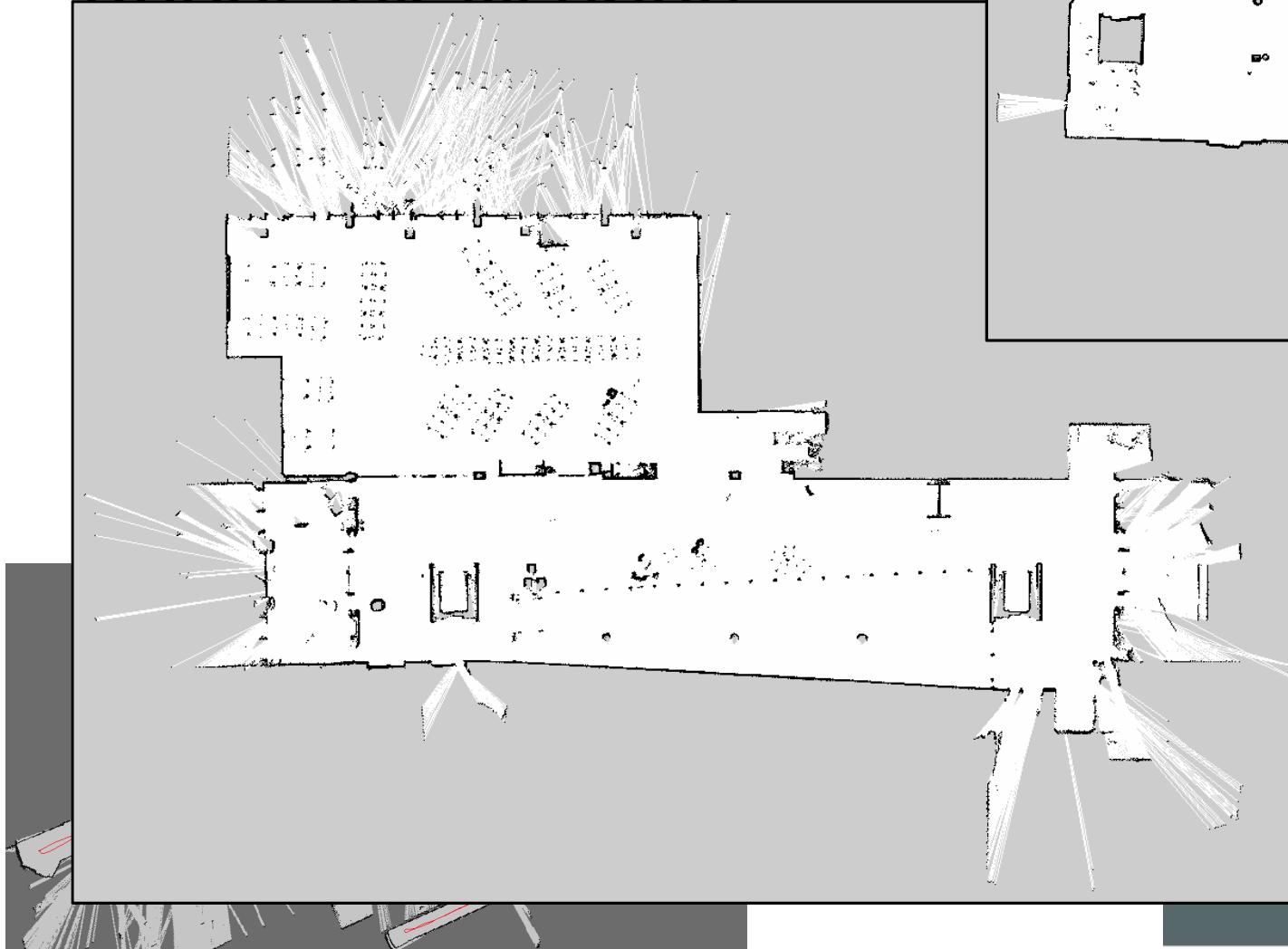
- Hjul-enkodere



- Gyroskop og accelerometer

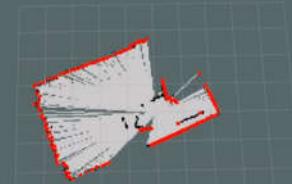


Robot lokalisering



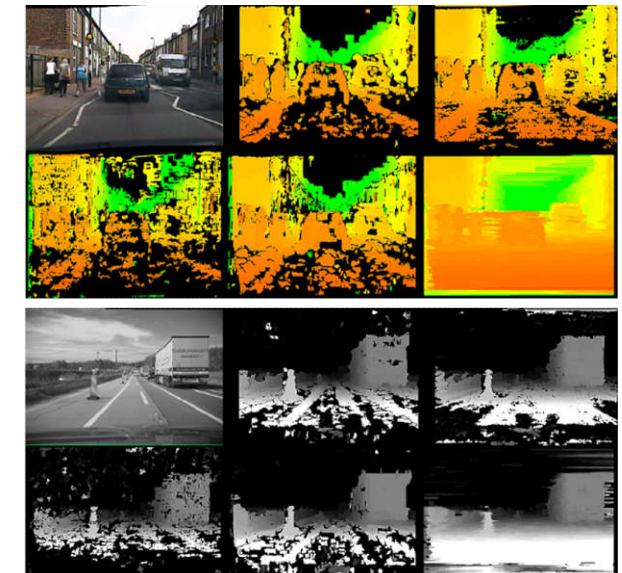
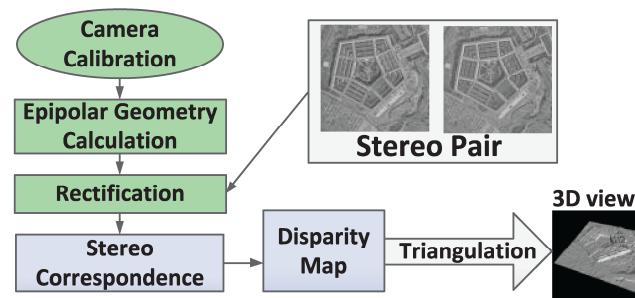
DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

(probabilistisk tilgang)



Sensorik

- Dybdefølsomhed
 - Stereo kameraer
 - Projekteret lys
 - Time of flight



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

MODULÆR SOFTWARE

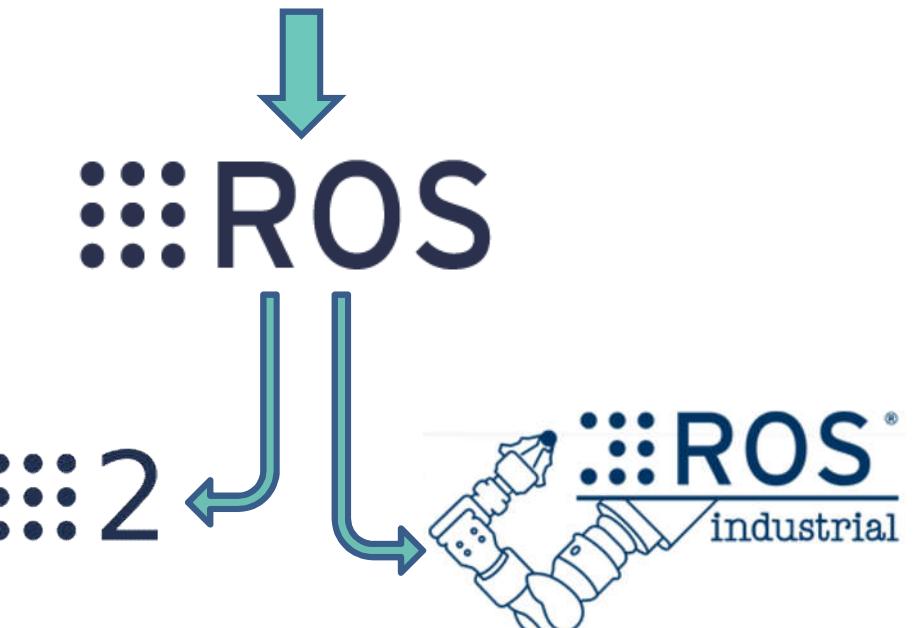
!(Genopfinde hjulet)



Willow Garage



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

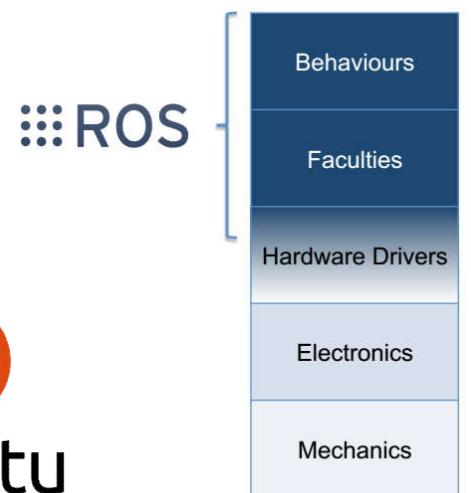
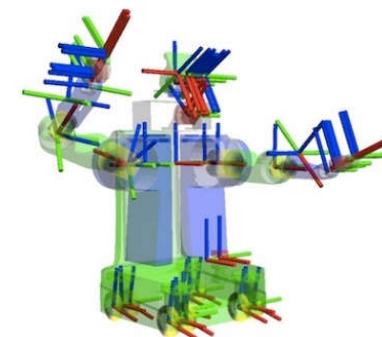


ROS: Robot Operating System – www.ros.org

ROS – Robot Operating System



- Open Source – Typisk BSD licens
- "gratis" Softwarepakker
 - Drivere
 - Koordinattransformation
 - Baneplanlægning
 - Avancerede vision algoritmer
 - ... og alt ind i mellem

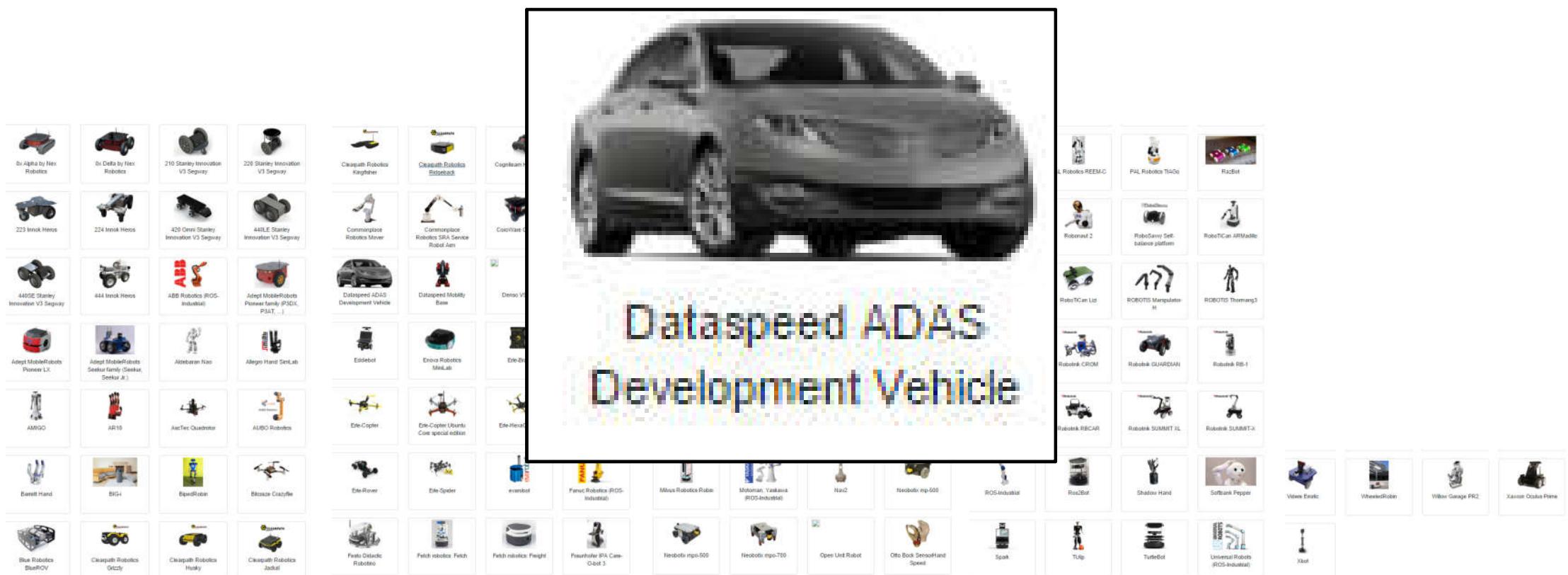


ROS – Robot Operating System



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

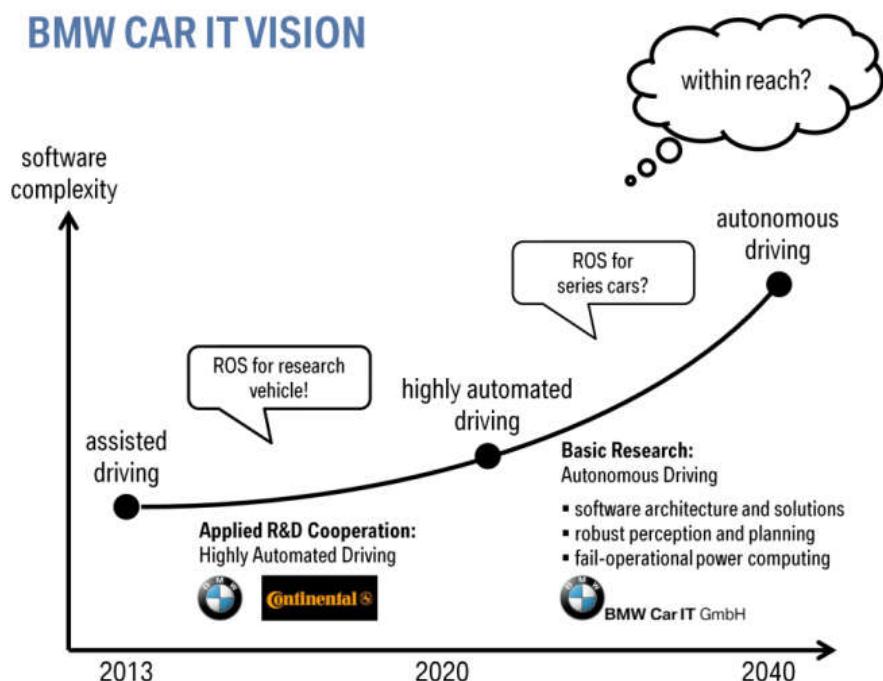
- Over 100 robotter understøttet og flere kommer hele tiden til



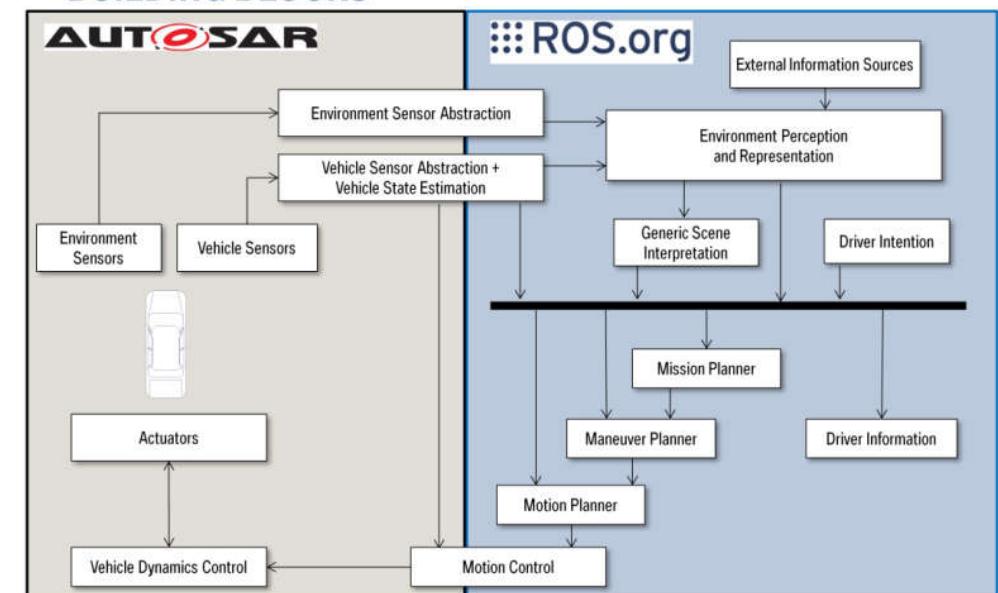
BMW – CAR IT



BMW CAR IT VISION



HIGH LEVEL LANDSCAPE OF ARCHITECTURE BUILDING BLOCKS





DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

SELVKØRENDE BILER

DARPA

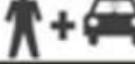
- DARPA Grand Challenge 2004 og 2005
 - Ørken
 - Bedste performance 11.78km
- DARPA Urban Challenge 2007
 - Bymiljø
 - Rute: 98km,
 - Bedste tid 4:10 – gns. hastighed 22.53km/t

2005 Champion Stanley details



Resources From Stanford Racing Team

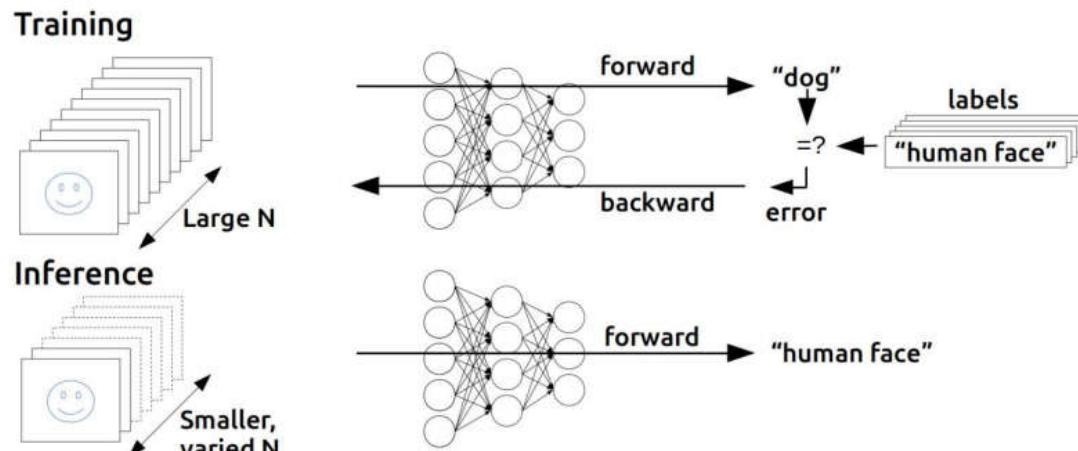
Autonominiveauer

Level	Name	Execution of steering and acceleration / deceleration	Monitoring of driving environment	Fallback performance of dynamic driving task	System capability (driving modes)
Human driver monitors the driving environment					
0	No Automation				n/a
1	Driver Assistance				Some driving modes
2	Partial Automation				Some driving modes
Automated driving system monitors the driving environment					
3	Conditional Automation				Some driving modes
4	High Automation				Some driving modes
5	Full Automation				All driving modes

Kilde: SAE Standard J3016 (SAE, 2014)

"Enablers" for selvkørende biler

- Batteriteknologi
- GPU optimering ex. CUDA, OpenCL
- Deep Neural Networks – siden 2011



NVIDIA DRIVE PX 2

12 CPU cores | Pascal GPU | 8 TFLOPS | 24 DL TOPS | 16nm FF | 250W | Liquid Cooled



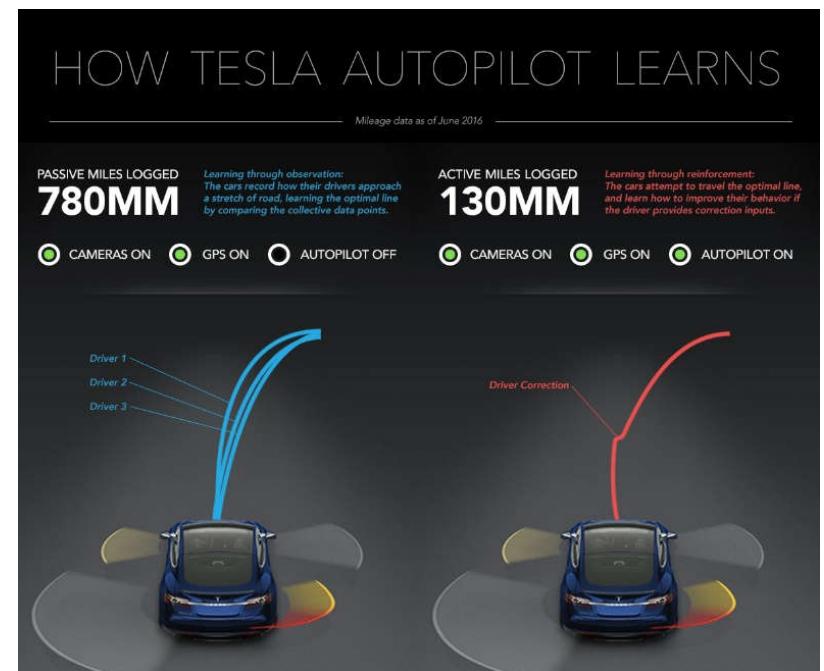
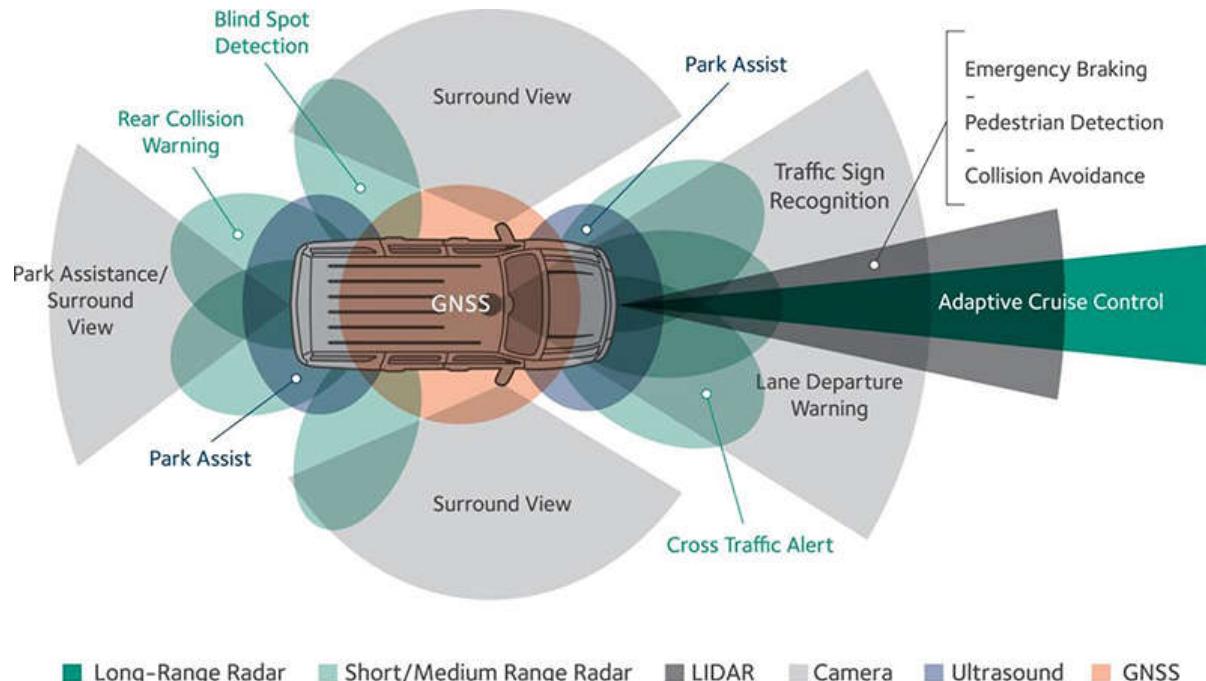
World's First AI Supercomputer for Self-Driving Cars

Selvkørende biler - sensorer

- LIDAR
 - Punktsky, nøjagtig, dyr, dårlig i tåge/sne
- Radar
 - Lang rækkevidde, billig, vejrresistent
- Kameraer
 - Billig, meget data
- GPS



Selvkørende biler sensorer



Kilde: Novatel

Selvkørende biler - spillere

- Uber
- Google
- Ford
- Hyundai
- m.f.



Tesla Motors



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Sælger ~25.000 biler om året,
- Førende på teknologisiden
 - Ledende i forskning og implementering
- Følger Elon Musks "Master plan"
- Støtter forskellige Open Source projekter
 - OpenAI, m.fl.



Tesla Autopilot 2.0



DANISH
TECHNOLOGICAL



Tesla Autopilot 2.0

- Forbedret sensorik
 - Én radar – kan se to biler frem
 - 8 Kameraer
 - Tre fremadrettede kameraer
 - Ultralyds sensorer
- nVidia DRIVE PX2 - supercomputer
- Efter at have opsamlet mere data, vil Tesla automatisk slå "Autosteer" til når kollisionsrisikoen er på ~99.99% -> Vi er altså på niveau 4 autonomi!
- "Beta" stadie
 - Når performance er op til 10 gange bedre en gennemsnittet, slås Autopilot til som udgangspunkt



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Tesla FleetLearning



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Alle biler opsamler og uploader data
 - ~5mio km/dag
 - På én dag opsamles en levetids erfaring af data over hele verden
- Tesla DNN trænes på baggrund af opsamlet data
- Alle biler opdateres "over-the-air"
- Præcision af styring forbedres
- "Geocoded whitelist" over steder
 - Eks. under broer
- Langsigtet plan: Tesla Fleet



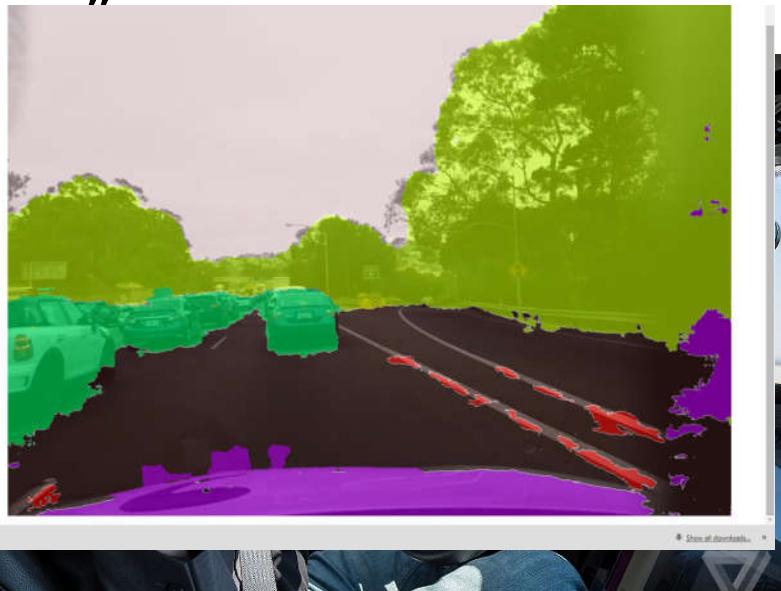
comma.ai

,



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

- Autonom kørsel
- 999\$ efter prøvekørsel
- Udnytter borgere
- Bygger på
 - ROS
 - TensorFlow
- Crowd-Sourcing af data
 - Optjener point – reduktion af pris



TensorFlow™



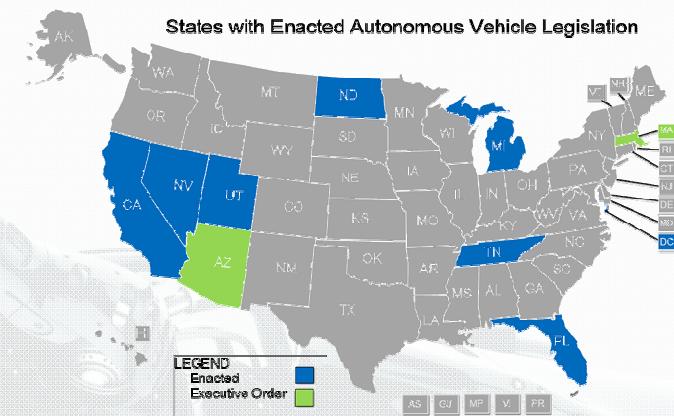
DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

SELVKØRENDE BILER

Aktiviteter i DK og internationalt

Internationalt

- Lovgivning åbnes gradvist for forsøg med selvkørende biler
 - US, UK, **NL**, DE
- Holland
 - Selvkørende biler er indsatsområde
 - Åben for storskala test
- USA åbner for niveau 3 test
 - Daimler Long haul transport
- Transportation-as-a-service i Singapore
 - Fuldt Niveau 5 test i industriområde



Danske aktiviteter

- Uber vinder (langsomt) indpas
- Forslag om ændring af færdselsloven sendt i høring 28. oktober 2016
 - Åbner for test med selvkørende biler
- Selvkørende biler i Vesthimmerland kommune
 - Fonden Autonomous
 - Professor Henrik Schärfe AAU
 - Niveau 5 selvkørende busser
 - Første leverance september 2016 (?)

FAGLIG NYHED

28. OKTOBER 2016



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Førerløse biler er på vej - lovforslag sendt i høring

Et lovforslag har længe været varslet og efterspurgt og ser nu endelig dagens lys. Fremtiden skal køre førerløs forbi uden for vores vinduer. I går sendte transport- og bygningsminister Hans Christian Schmidt et lovforslag om en forsøgsordning for selvkørende biler i høring. Forsøg med selvkørende og førerløse biler forventes igangsat fra og med sommeren 2017, hvor loven foreslås at træde i kraft.

Autonomous Foundation

FOUNDATION
AUTONOMOUS



Fremtiden for selvkørende biler

- Selvkørende – autonome - taxier i Singapore i 2018
 - Vil gradvist åbne for flere områder når tests er overståede
- Ford: Selvkørende biler i 2021
- Mobility-as-a-service - langsigtet
 - On-demand transport
 - 96% af tiden står bilen stille i indkørslen (Economist)
 - 70% færre biler ville kunne løse samme mængde transportopgaver
- Lige nu samles og analyseres der trafikdata
 - Google (Maps), Apple CarPlay & Maps, Tesla, Uber, comma.ai
 - Trafikmønstre, transportbehov mv. mhp.





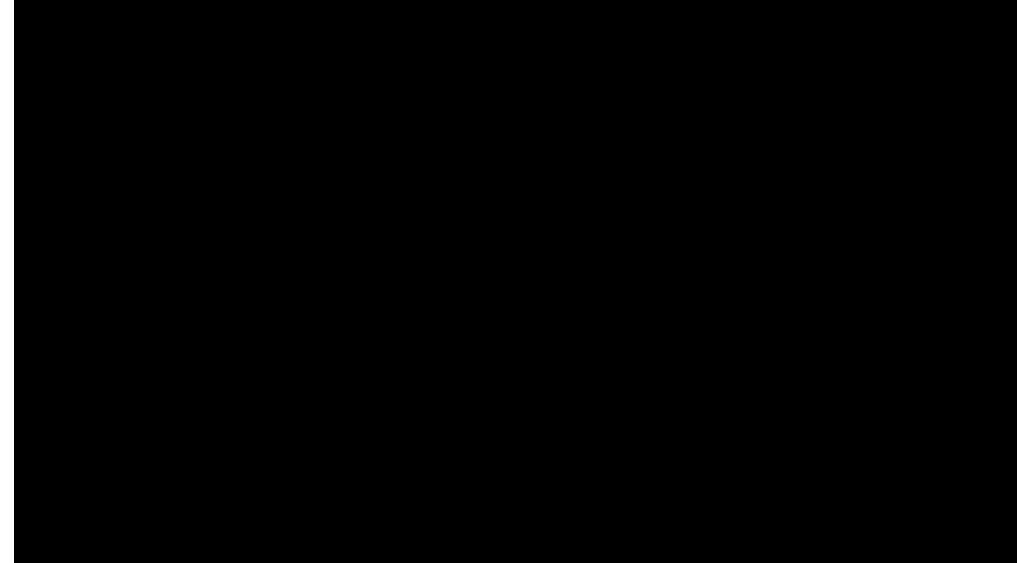
DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

Opsummering



DANISH
TECHNOLOGICAL
INSTITUTE

TAK!
Spørgsmål?



Kilde: Tesla Motors