

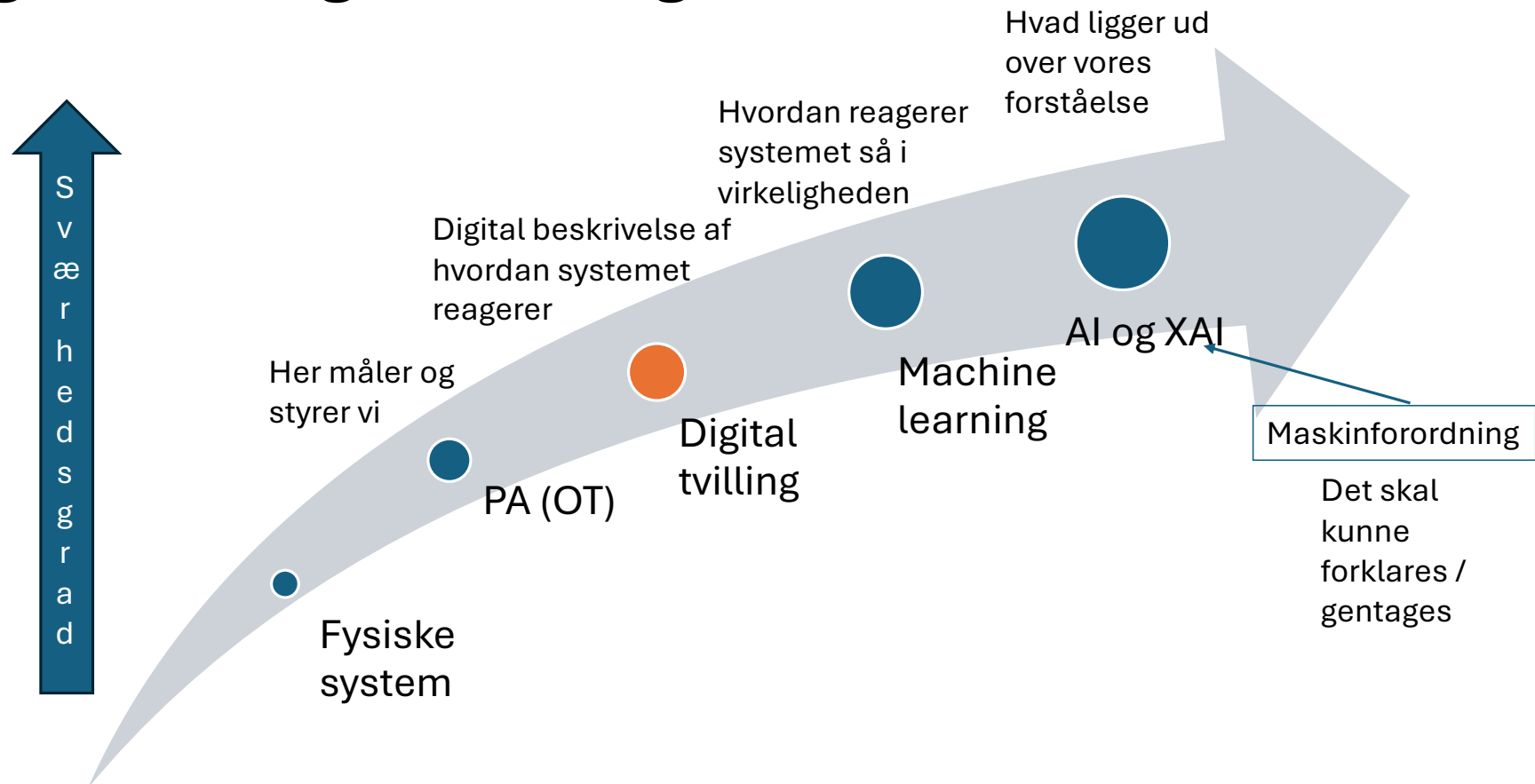
Digital tvilling til optimering af batteridrift

Et FoU projekt i regi af Erhvervsakademi Aarhus og AAMS

[Kort beskrivelse](#)

[Afsluttende arbejdsrapport](#)

Digital tvilling i teknologikæden



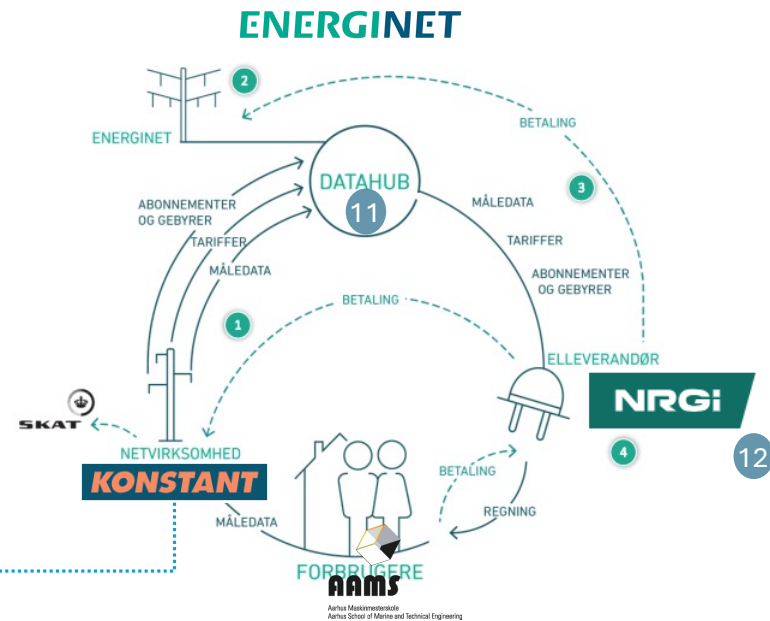
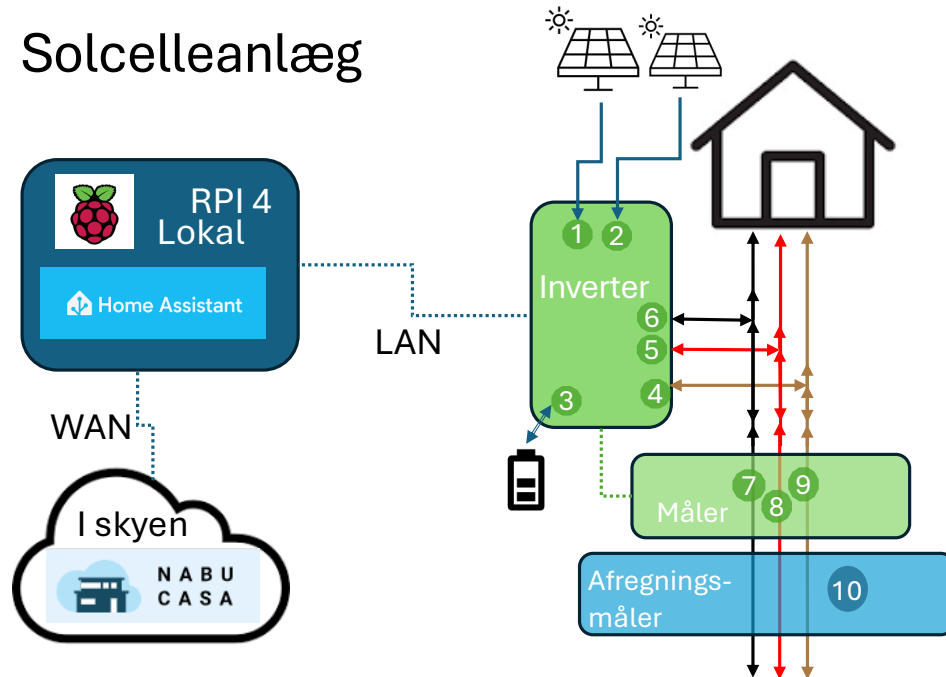
Projektets kerne

- Problem: Hvis digitale tvillinger (og AI) holde øje og styrer – hvem holder så øje med om det kunne være gjort bedre?
- Ide: Kan man styre smart med én tvilling – og så løbende evaluere om det reelt var smart med en anden tvilling – en gammelklog?
- Case: Solcelleanlæg
 - Løbende data
 - Energi og pengestrømme
 - Uforudsigeligt grundet vejrskifte og forbrugsvariationer
 - Simpelt – troede vi....

Aktørerne

- Studerende, et par semesterprojekter
- Lektorer – Adam (ABR) og Anders (ASO) – vi har et solidt fundament indenfor modellering og dataforståelse – ca. 600 timer
- Samarbejdende virksomheder
 - Aarhus Kommune, mange solceller
 - Visblue, flow batterier
 - Evishine, Drift og vedligehold af solceller – ikke styring

Solcelleanlæg

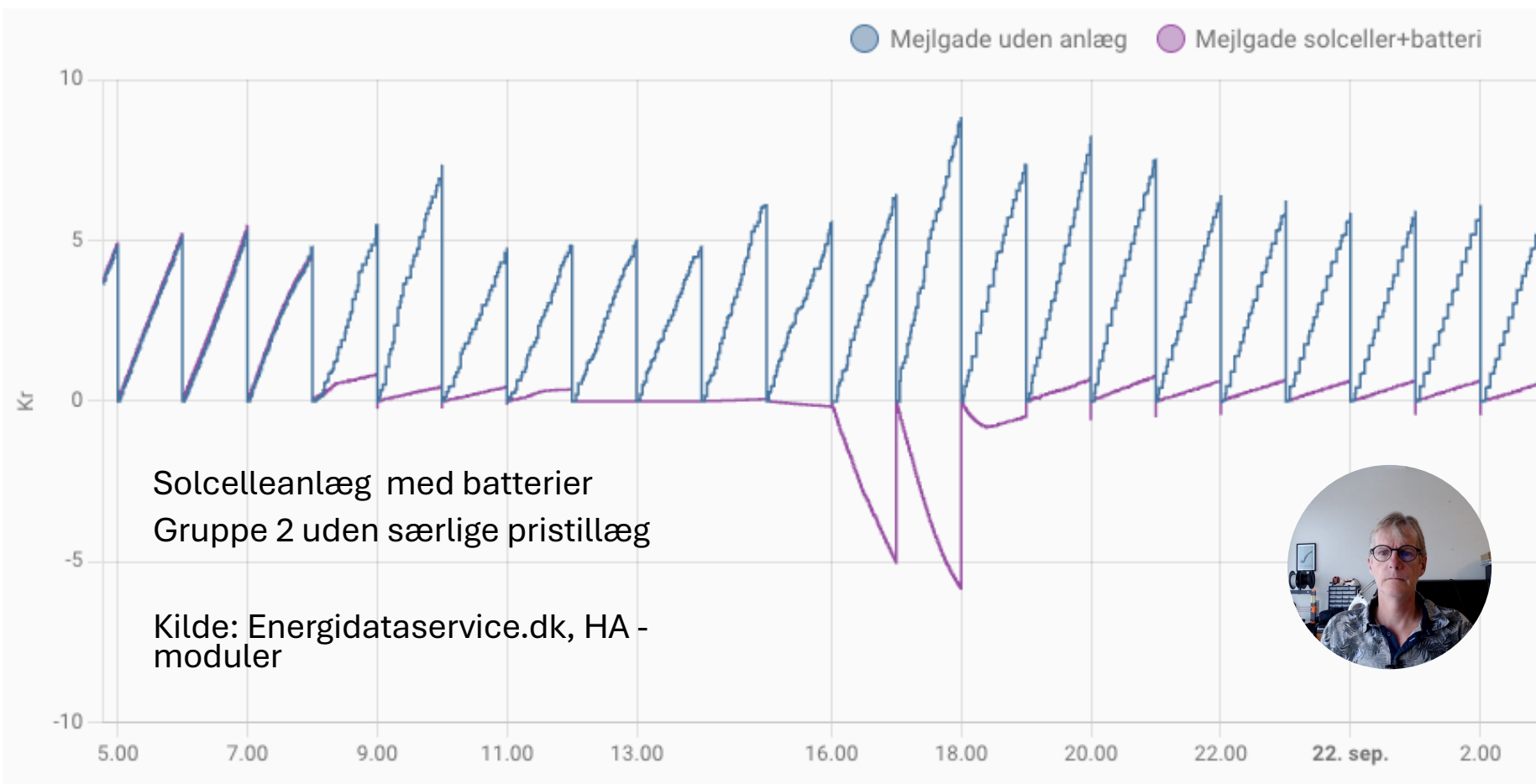


- 1...9 Energistrømme (W) og spænding (V) opsamles og akkumuleres (kWh) af inverter
- 10 summeret og aktuelt forbrug kan aflæses på skærm
- 11 historiske forbrugsdata fra 10, priser og emissioner på time niveau kan hentes 1-2 dage forsinket
- 12 historiske forbrugsdata fra 10 og faktura på kvartalsniveau kan hentes

- 1 Netvirksomheden indsender måledata, tariffer og andre priselementer til DataHub.
- 2 Energinet indsender TSO-tarifferne samt satser for elafgift til DataHub.
- 3 DataHub sender løbende måledata samt tariffer og afgifter for hvert målepunkt til elleverandøren. Elleverandøren modtager kun data for egne målepunkter.
- 4 Elleverandøren laver én samlet regning til kunden.

Delresultater

- Anlægget
 - Data udveksling med invertere – ikke trivielt
 - Anlæggets firmware opdateres fra ”Kina” – dk leverandør brugte app til opsætning
 - Admin password – ”2024” – opslag med google
- Vores projekt
 - Dataopsamling og fjernstyring
 - 6 videoer –
 - Forstå din elregning
 - Sammenlign din indtjening med/uden anlæg



Hvad er det mest optimale

- Bliver tungt beregningsmæssigt fordi batterier ikke er kontinuerte – de kan fyldes op og tømmes
- Beslutninger rækker 36-48 timer frem
- Bellmanligninger – en gammel PA metodik

For at opnå **Bellman-ligningen** for denne værdifunktion, udvider vi højresiden af ligningen og etablerer en rekursiv relation:

$$\begin{aligned} v_{\pi}(s) &= \mathbb{E}_{\pi}[G_t | S_t = s] \\ &= \mathbb{E}_{\pi}[R_{t+1} + \gamma R_{t+2} + \gamma^2 R_{t+3} + \dots | S_t = s] \\ &= \mathbb{E}_{\pi}[R_{t+1} + \gamma \sum_{k=0}^{\infty} \gamma^k R_{t+k+2} | S_t = s] \\ &= \mathbb{E}_{\pi}[R_{t+1} + \gamma G_{t+1} | S_t = s] \\ &= \sum_a \pi(a|s) \sum_{s', r} p(s', r | s, a) \left(r + \gamma \mathbb{E}_{\pi}[G_{t+1} | S_{t+1} = s'] \right) \\ &= \sum_a \pi(a|s) \sum_{s', r} p(s', r | s, a) \left(r + \gamma v_{\pi}(s') \right) \end{aligned}$$

Så blev vi indhentet af tiden og ressourcerne og søgte nye veje...

Vi forsøgte at finde en kortere vej

- Kontakt til 3-4 store vidensdelingsforum om solcelleanlæg
 - Styring er tilfældig – og ikke optimeret efter et dynamisk og afgiftsbaseret prismarked

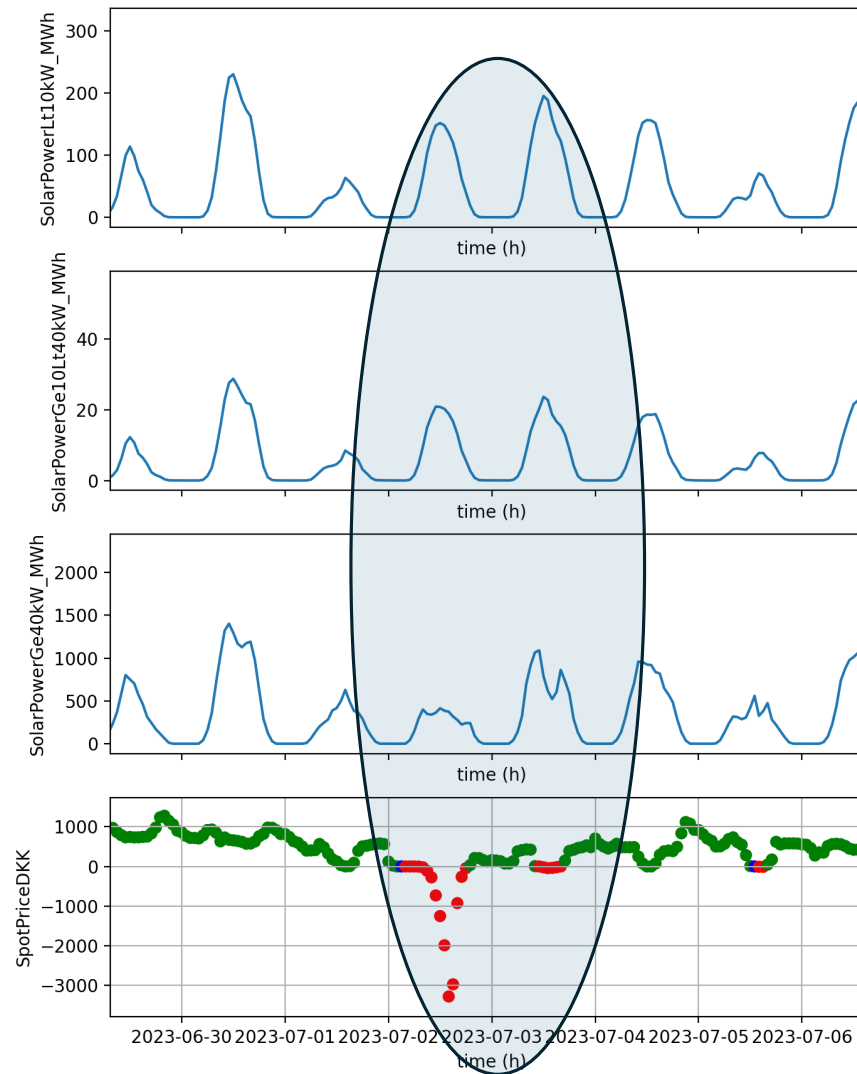
Sådan ca.

SMÅ (10 kW – 20%)

MELLEM (10-1000 kW – 10%)

STORE (>1.000 kW - 70%)

PRIS



Data fra
Energinet

Projektets kerne – lykkes vi?

- Kan man styre smart med én tvilling – og så løbende evaluere om det reelt var smart med en anden tvilling – en gammelklog?
 - JA! – vi kunne se den i horisonten – men løb tør for tid.
- Solcelleanlæg
 - Er ikke simpelt!
- 500 kr. smartness om måneden i anlæggets levetid – skal konkurrerer med en potentiel indtjening på 200.000 kr. (7% - 20 år)

Projekt afterlife

- Et område i kraftig vækst
 - Smart i en fart – uden tilbageblik
 - Der er stadig behov for at bevare roen og lave reelle vurdering af værdiskabelsen
 - Udbredelsen overstiger langt forståelsen – også for os....
- Digital tvilling
 - Et buzzword – for længe siden
 - I mange former
 - Uundgåeligt for maskinmestre
- Ikke styr på +140.000 net-tilsluttede solceller
 - Styringsmæssigt – Energinet, DTU m.fl. er kontaktet – svært at finde en projektmodel
 - Eksisterende leverandører – ikke superinteresserede i at kende den reelle økonomi
 - Sikkerhedsmæssigt – indlæg på Ingeniøren-Resillencetech

Dette indlæg er alene udtryk for skribentens egen holdning.

99 SYNSPUNKT

Kan solcelleanlæg installeres alle steder - og hackes alle steder fra?

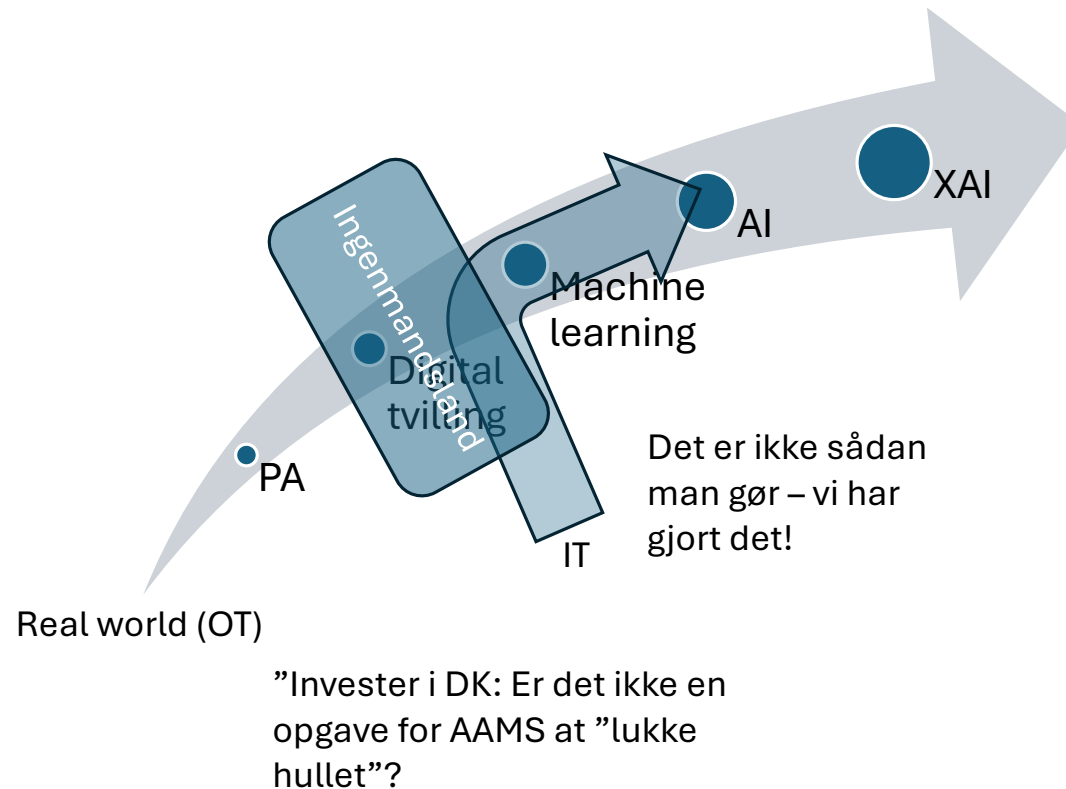
It-sikkerhed · 26. juni kl. 05:00 · 1 kommentar



Refleksioner

- Anlægget opsættes el-teknisk efter retningslinjer, indmelding mm.
- Der er ikke en egentlig aflevering/test af smartness
- Vi kunne efter nogen tid forklare vores elregning....
- Eksisterende solcelleanlæg er ikke evalueret, økonomibeskrivelser er ”det er en god forretning....”
- Hvordan kan maskinmestre være værdiskabende i udvikling og implementering af digitale tvillinger?

Udfordringen i professionen – mavefornemmelser



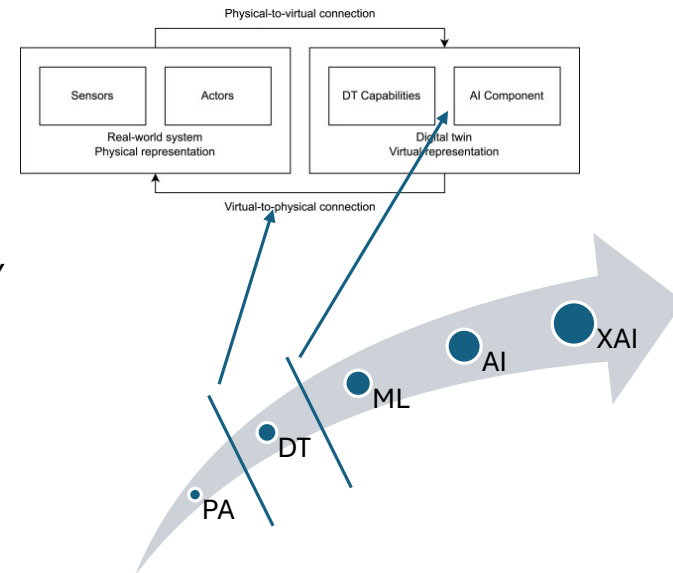
Digitalisering for SMV starter nogen gange med ML/AI



Forskningsstatus - gap

Our findings indicate that there is a lack of in-depth modeling approaches regarding the digital twin, while many articles focus on the implementation and testing of the artificial intelligence component. The majority of publications do not demonstrate a virtual-to-physical connection between the digital twin and the real-world system. Further, only a small portion of studies base their digital twin on real-time data from a physical system, implementing a physical-to-virtual connection.

Artificial intelligence in digital twins—A systematic literature review,
Kreuzer, et al., Data & Knowledge Engineering, Volume 151, 2024



De skriver også at de få gange det er gjort/lykkedes er indenfor D&V af maskingrej.

Underliggende er det uheldigt at have et "gap".

For egen regning

- Vi bliver nødt til at lære vores studerende og maskinmesterprofessionen hvordan vi kan bidrage ind i udvikling og implementering af digitale tvillinger og dermed den ovenpå liggende ML og AI/XAI