

Lær en AI at finde fejl på gehør

FREJA THORESEN, PHD

AI SPECIALIST



ALEXANDRA
INSTITUTE



Freja Thoresen

- **PhD i partikelfysik**
 - Niels Bohr Instituttet (2020)
- **Software / Data Engineer**
 - Faunaphotonics (2020-2022)
- **Postdoc i maskinlærning**
 - European Space Agency (2022-2024)
- **AI specialist**
 - Alexandra Instituttet (siden 2024)
- **Hundemenneske**

Om Alexandra Instituttet A/S

Sammen kommer vi #foran**digitalt**



Alexandra Instituttet A/S

er et af de syv
Danske **GTS** instituttet



ALEXANDRA
INSTITUTTET

Vi er **100% ejjet** af Aarhus
Universitets Forskningsfond

AARHUS UNIVERSITETS
FORSKNINGSFOND



Vi er ca. **100 IT-konsulenter** i
Aarhus (IT-byen Katrinebjerg)
og **København** (ITU)



*Institut for Datalogi
Aarhus Universitet*



*IT-Universitetet i
København*

ANVENDT FORSKNING



Roskilde University

Danmarks
Tekniske
Universitet



AARHUS UNIVERSITET



Syddansk Universitet

KØBENHAVNS
UNIVERSITET



ÅLBORG UNIVERSITET

IT-UNIVERSITETET I KØBENHAVN

ANVENDT FORSKNING



Roskilde University

Danmarks
Tekniske
Universitet



AARHUS UNIVERSITET



Syddansk Universitet

KØBENHAVNS
UNIVERSITET



ÅLBORG UNIVERSITET

IT-UNIVERSITETET I KØBENHAVN



Vi har hjulpet



novo nordisk®



Topdanmark
Forsikring • Pension



Sund ≈ Bælt
Sund ≈ Bælt

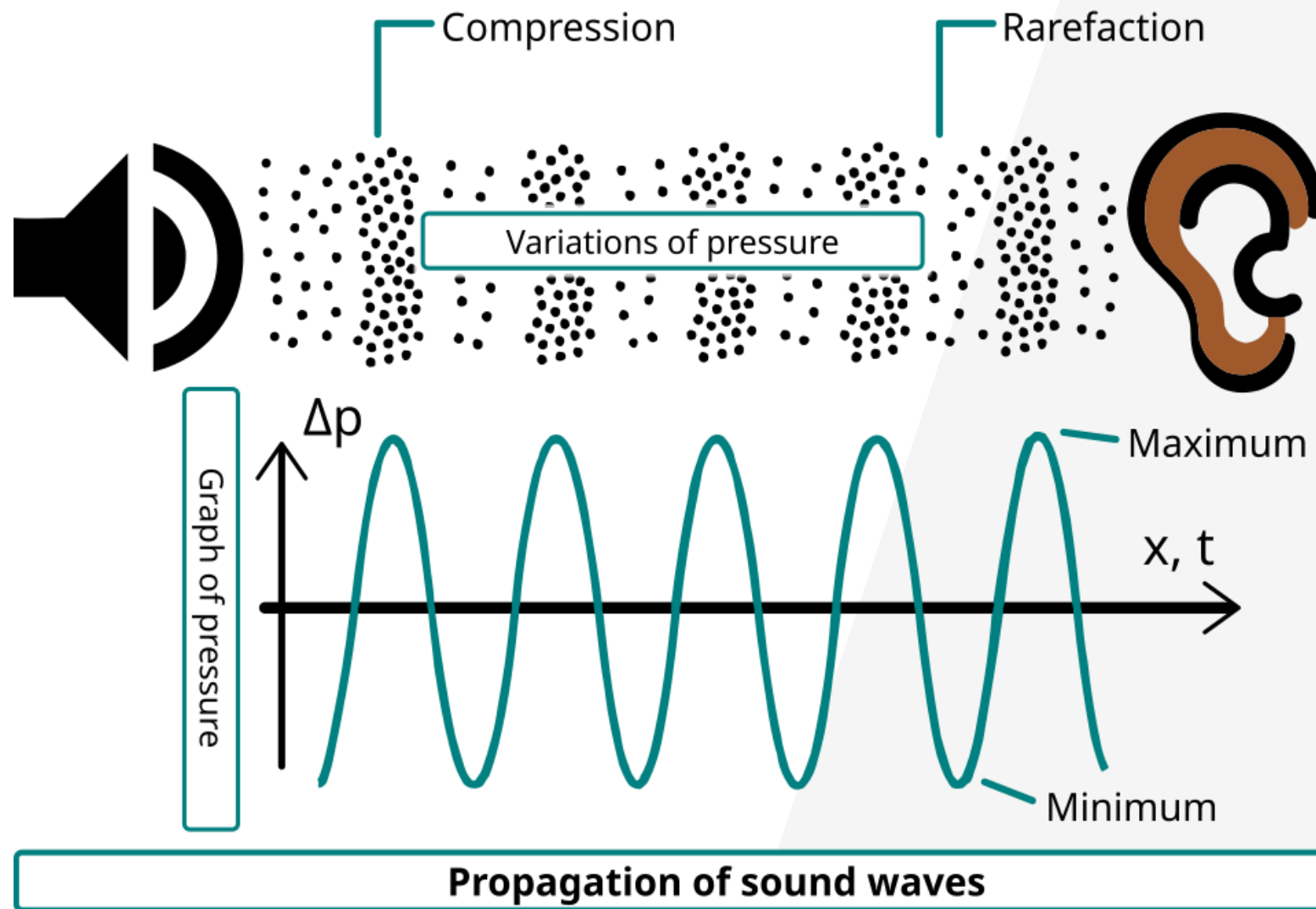


ERHVERVSSTYRELSEN



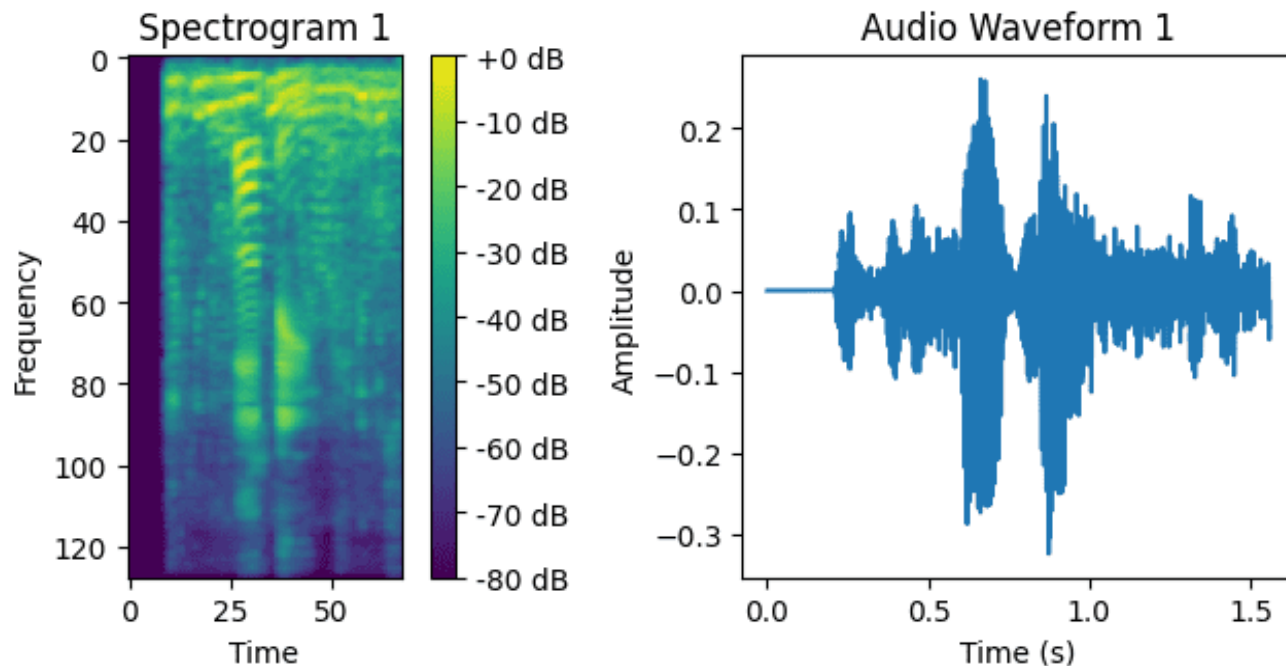
**Hvad er lyd, og hvordan kan vi
bruge lyd data?**

Hvad er lyd?



MEL spektrogram

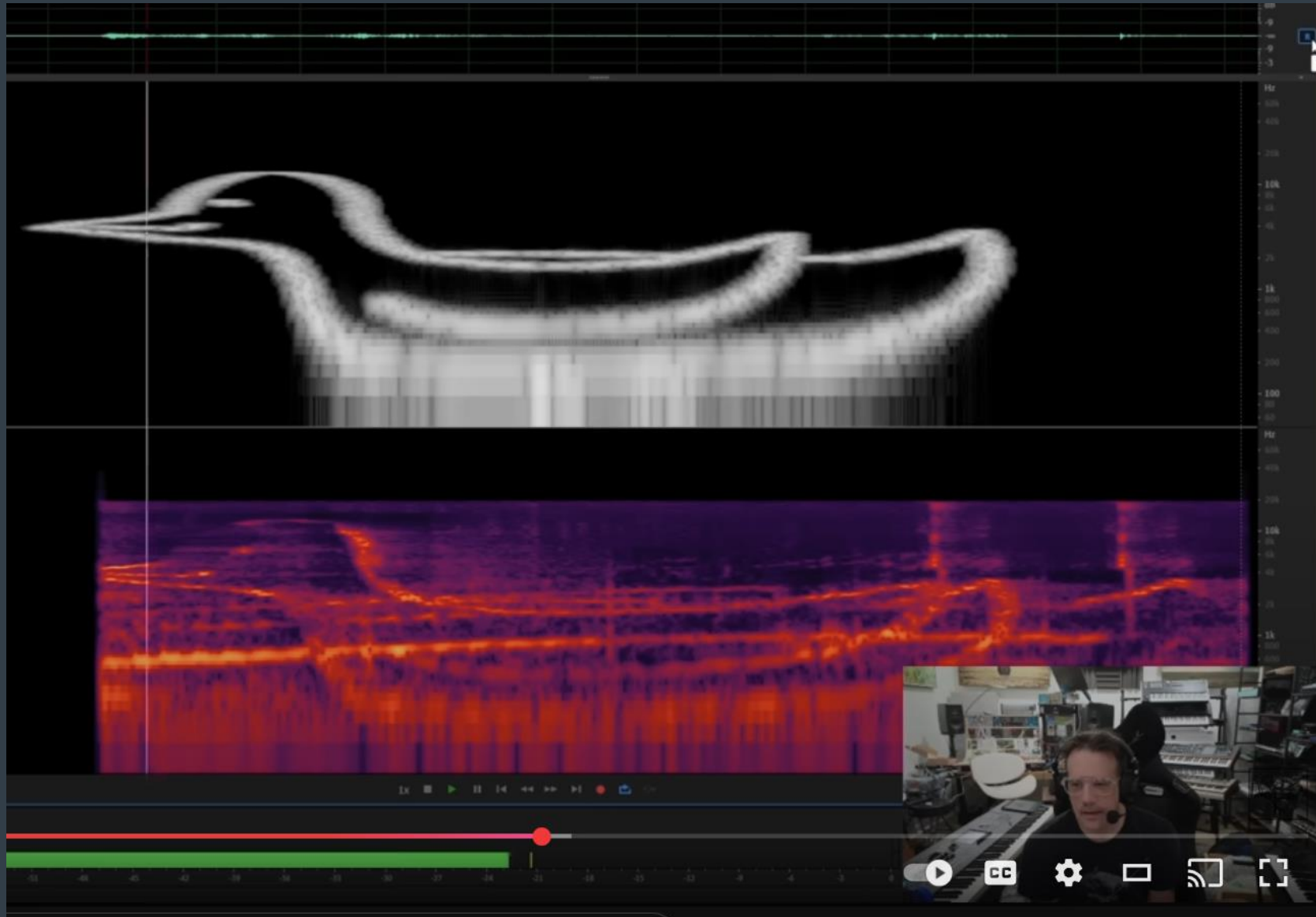
Spectrogram Comparison for Class: puppy



<https://www.geeksforgeeks.org/nlp/audio-classification-using-spectrograms/>

- Visuel 2D-visning af lyd over tid med Mel-skala i stedet for lineær frekvens.
- Mel-skalaen er designet til at **efterligne hvordan det menneskelige øre opfatter lyd**
 - vi er mere følsomme overfor små forskelle i lave frekvenser end i høje frekvenser.
- Farve viser styrken af hver frekvens over tid.
- Mel spektrogrammer bruges ofte i **maskinlæring og lydklassificering** (f.eks. talegenkendelse, musikgenres, miljølyde) fordi den **fremhæver auditivt relevante træk** og gør det lettere for modeller at lære mønstre.

I Saved a PNG Image To A Bird (youtube)





Red regnskoven (2011)

- Regnskov i Borneo
- Topher White var frivillig i en gibbon-reservat, hvor illegal skovhugst var et stort problem.
- Vagter kunne ikke patruljere den enorme skov effektivt.
- White hængte **gamle mobiltelefoner udstyret med solcellepaneler og mikrofoner** i træerne rundt omkring i reservatet.
- En **maskinlæringsmodel** blev trænet til at genkende karakteristiske lyde som elektriske motorsave og lastbilmotorer.
- Når modellen opdagede en ulovlig motorsav-lyd, **udsendtes en alarm til vagterne**, så de hurtigt kunne reagere.

Systemet leverede en lav-omkostnings, autonom overvågningsløsning, der gjorde det muligt at beskytte store skvområder uden konstant menneskelig patruljering.

Lyde og fejl detektion

- Erfarne medarbejdere kan godt høre
 - om anlægget er ved at løbe tør for smøremidler
 - om anlægget mangler materiale
 - om der er noget galt med vindmøllerne.
 - Låste døren ordentligt, da den blev lukket? Lyder det som om, at ventilatoren på en køleenhed er ved at gå i stykker?
 - Osv.
- “Anlægget kører med lidt for højt gear-lyde”
 - måske manglende smøring
- “Vindmølle genererer en summen eller klapren”
 - potentiel mekanisk fejl

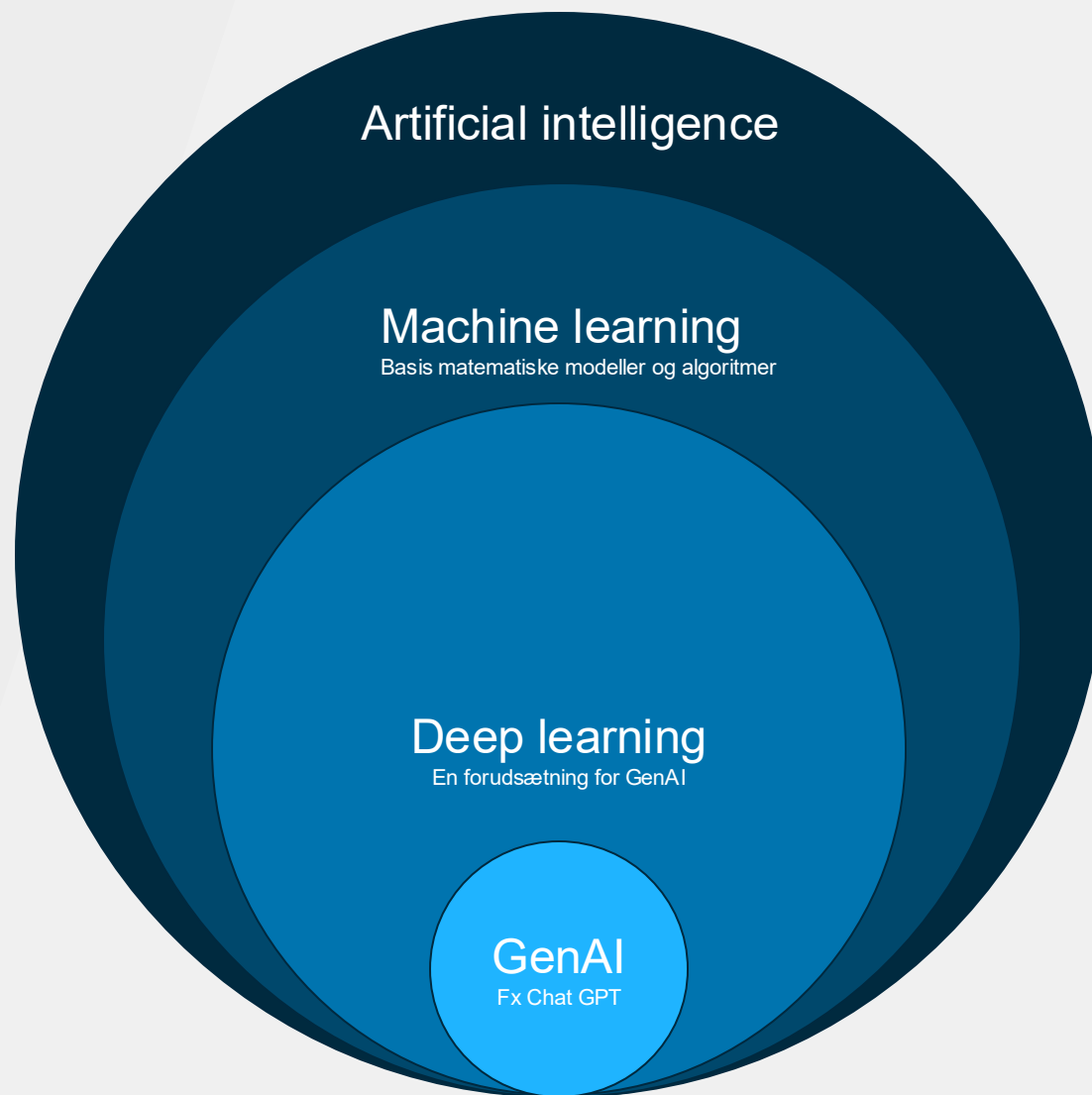
Og hvis et menneske kan høre det, kan en AI også.



AI og lyd

- **Mennesket har erfaring og intuition.**
- En AI kan trænes til at “høre” de samme signaler, og endda nogle, vi ikke hører.
- **Fordel**
 - konstant overvågning
 - Skalerbarhed
 - tidlig opdagelse af afvigelser.
- **Mål**
 - opfange problemer tidligt og i real-time.

Hvad er det vi taler om, når vi taler om AI?



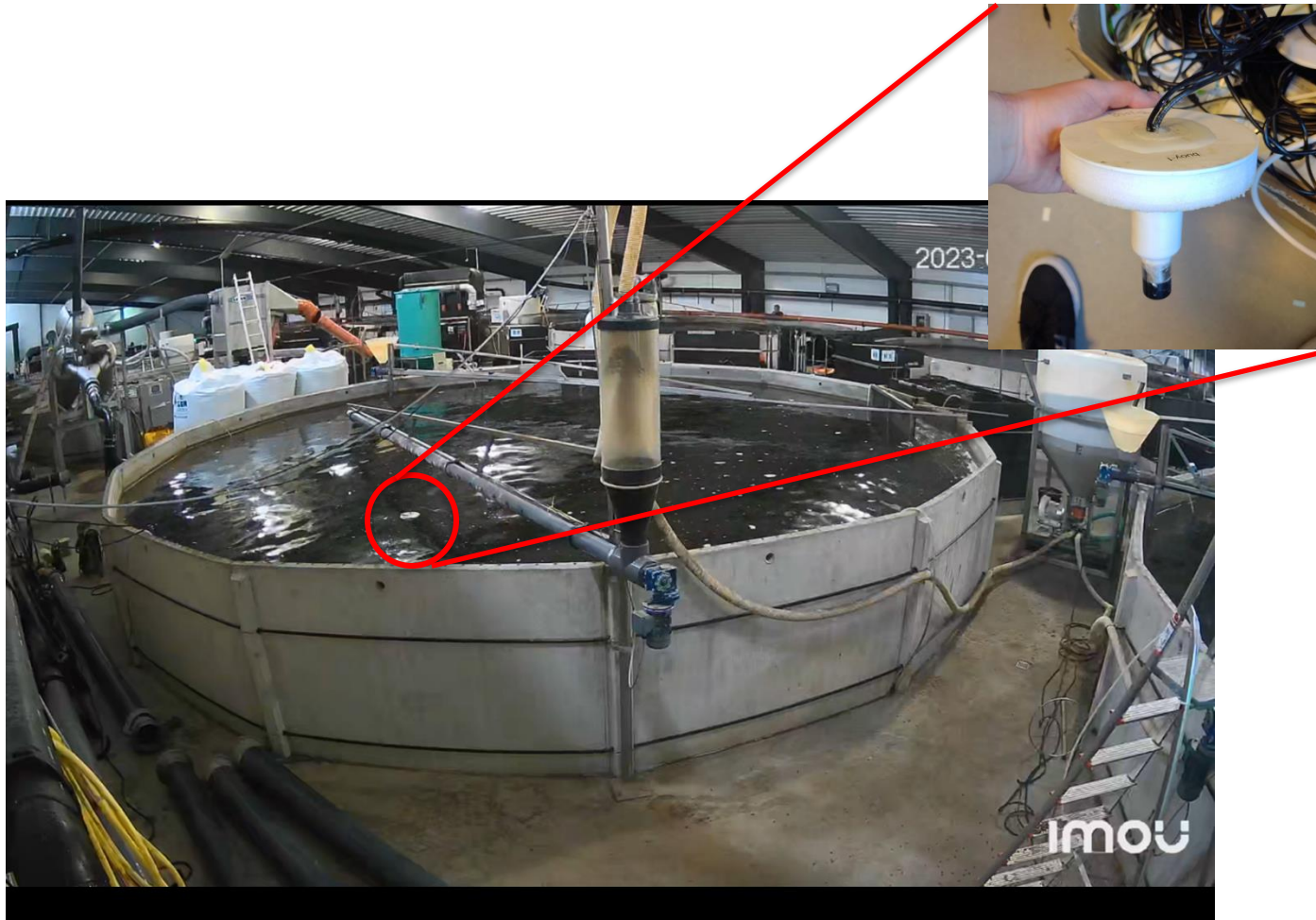


Eksempler på AI til lyd: Aquapri

Case: Aquapri fiskeopdræt

- I fangenskab kan fisk blive aggressive og bide hinanden
- Laboratoriemålinger viser høje niveauer af kortisol i akvarierne
 - Fiskene er stressede
- **Kan vi automatisk måle, hvornår fiskene er stressede?**

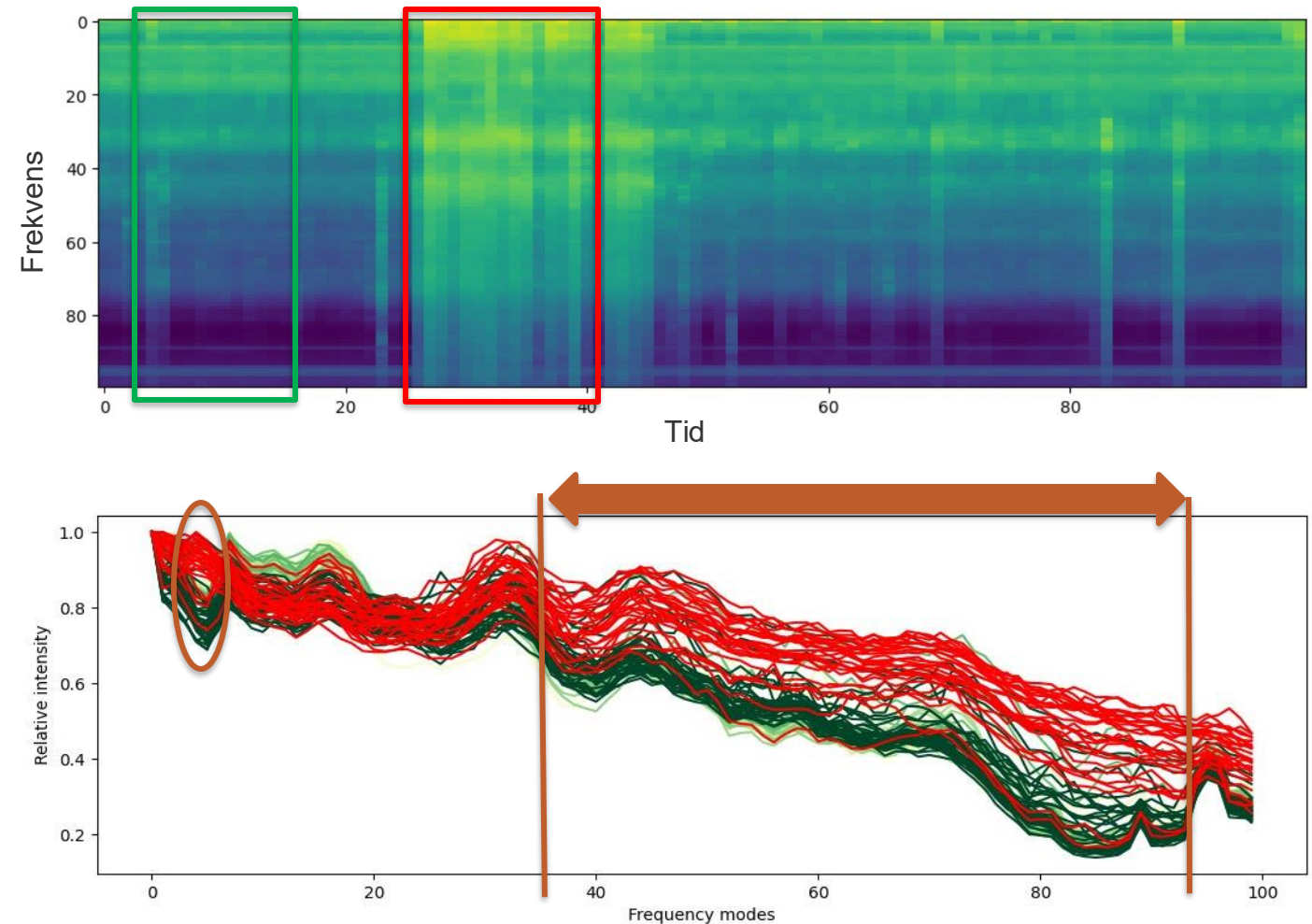




- Installation af **sensorer omkring akvarier**:
 - Miljødata (temperatur, lys, bevægelse)
 - **Hydrofon** + accelerometer på flydende bøje
 - Kamera
 - Manuelle noter i ark fra medarbejdere
- **Automatisk registrering af stress episoder ved hjælp af lyd**

Frekvensanalyse

- Sammenligning af **normaliseret spektrum** med **baggrund** og **stresshændelse**
- Opbyg en **indikator** ud fra tidspunkter med det mest **divergerende frekvensindhold**



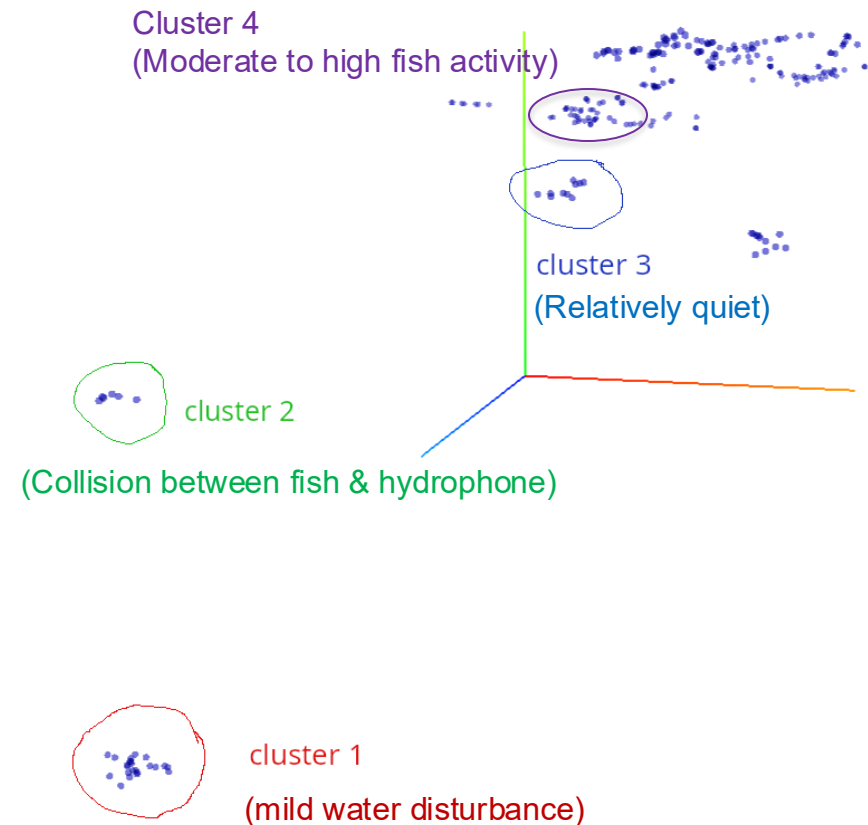
Automafisk stress detektor

- Medarbejdere registrerede to stressepisoder i løbet af dagen
- Automatiseret detektor fandt yderligere 22 episoder



Kategorisering af andre lyde

- Lyddatasættet indeholder mange industrielle og baggrundslyde
 - pumper der tænder og slukker, periodiske fodringstider, gaffeltrucks, garageporte der åbner/lukker...
- Kan vi bruge unsupervised maskinlæring til automatisk at identificere og kategorisere forskellige typer hændelser i lyddata?
 - Vi bruger maskinlæring til at finde mønstre i lydene - uden at fortælle computeren på forhånd, hvad den skal lytte efter.
 - På den måde kan den selv gruppere lyde, der ligner hinanden.

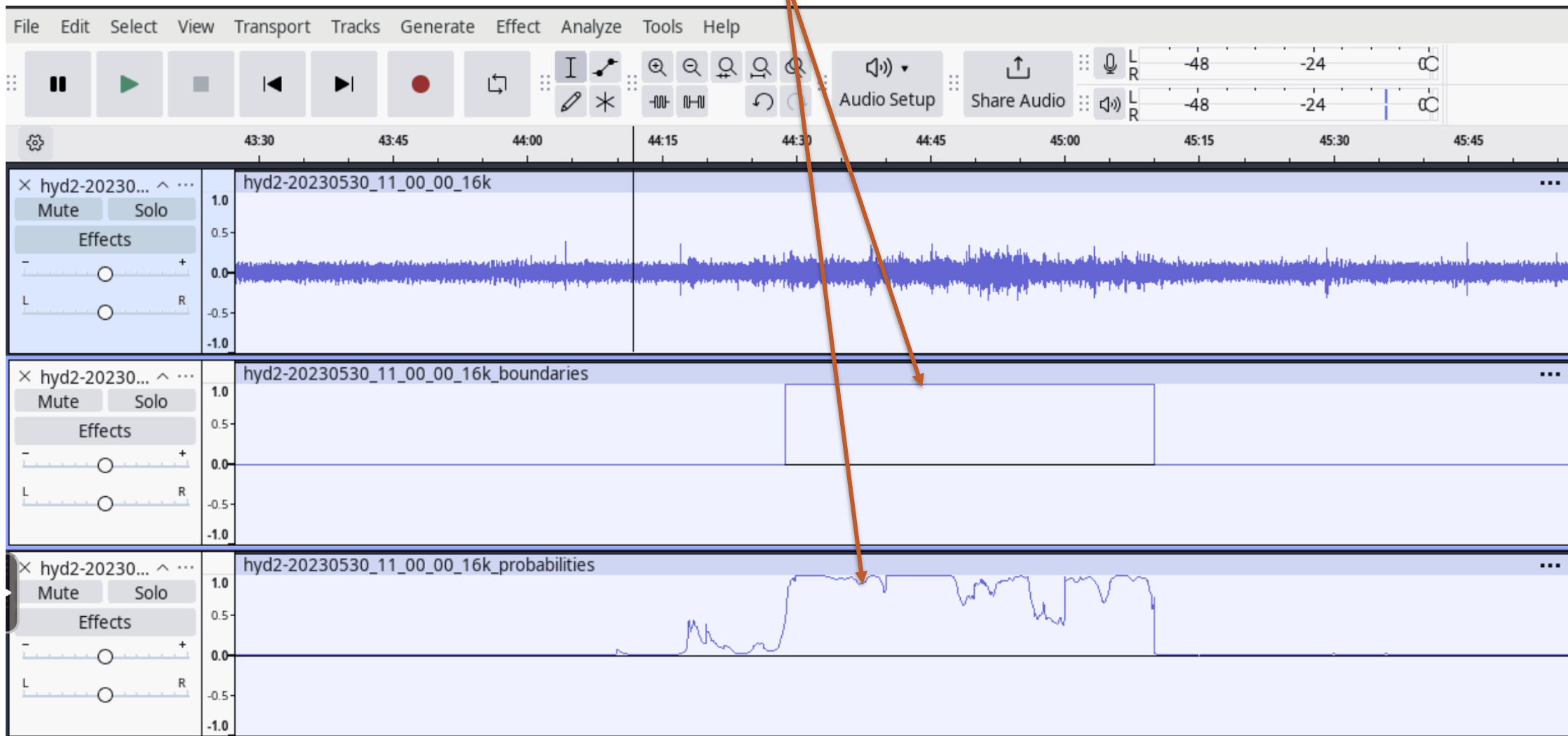


Det bliver mellem dig og fiskene

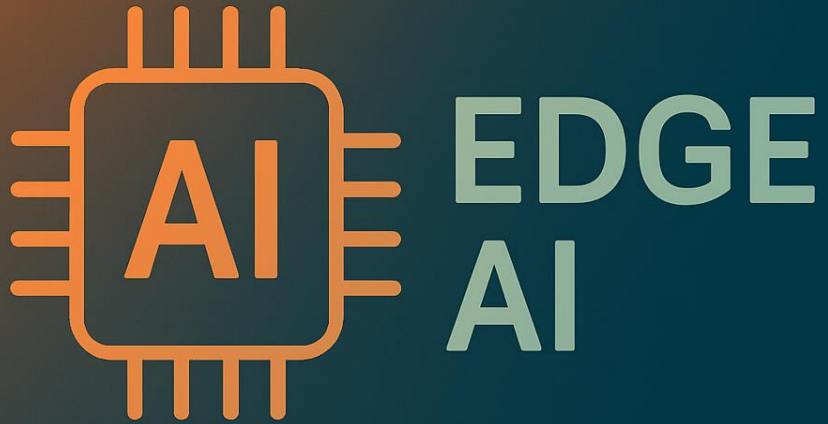


SORA, OpenAI

Detektion af samtaler omkring bassinet



Samtalen var så lav i forhold til støj fra maskiner at selv os (mennesker) kunne ikke høre hvad der blev sagt, men **AI kunne alligevel detektere samtalen**



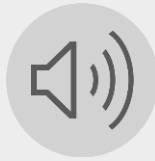
AI på "kanten" = edge AI

- Små AI modeller kan køre på **edge-devices** (f.eks. Raspberry Pi) - tæt på maskinen - og kun sende vigtig data op i skyen eller til hovedsystemet.
 - **Alternativt sendes data til en server eller cloud**, og behandles der.
- Edge-enhed opsætning
 - Sensor → edge-enhed → model → alarm eller indstilling til vedligeholdelsessystem.
- Fordele:
 - Ingen afhængighed af cloud eller internet nødvendigt
 - Fungerer offline
 - Databehandling tæt på kilden
 - Bedre datasikkerhed og privatliv
 - Realtidsbeslutninger
 - Lavt energiforbrug hvis man bruger små devices



Eksempler på AI til lyd: Fabriksmiljøer

MIMII Dataset

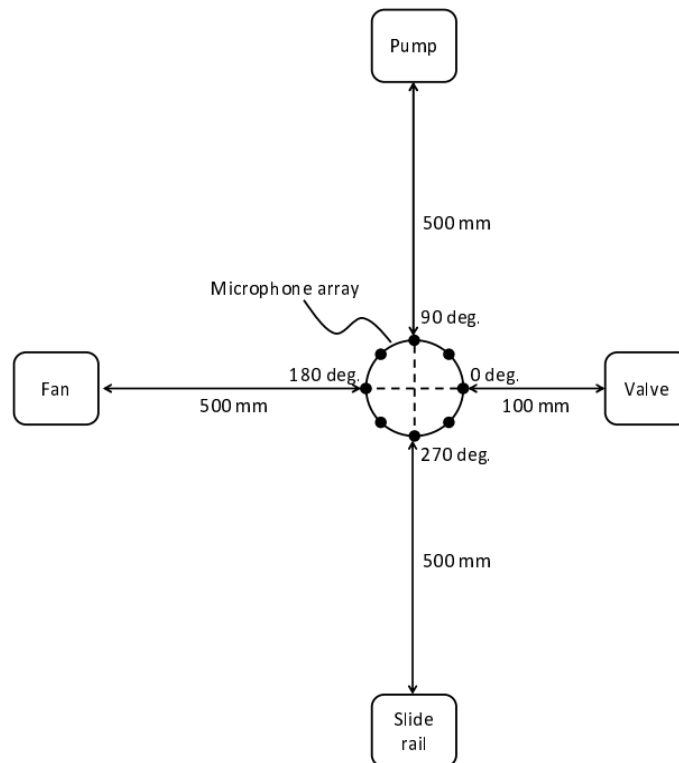


- **Malfunctioning Industrial Machine Investigation and Inspection**
 - Datasæt med normale og unormale operationelle lyde fra
 - Ventiler
 - Pumper
 - Blæsere
 - Skinner
- Med forskellige signal-til-støj niveauer: 6dB, 0dB, -6dB

MIMII Dataset: Sound dataset for malfunctioning industrial machine investigation and inspection
H Purohit, R Tanabe, K Ichige, T Endo, Y Nikaido, K Suefusa, Y Kawaguchi

Recording the dataset

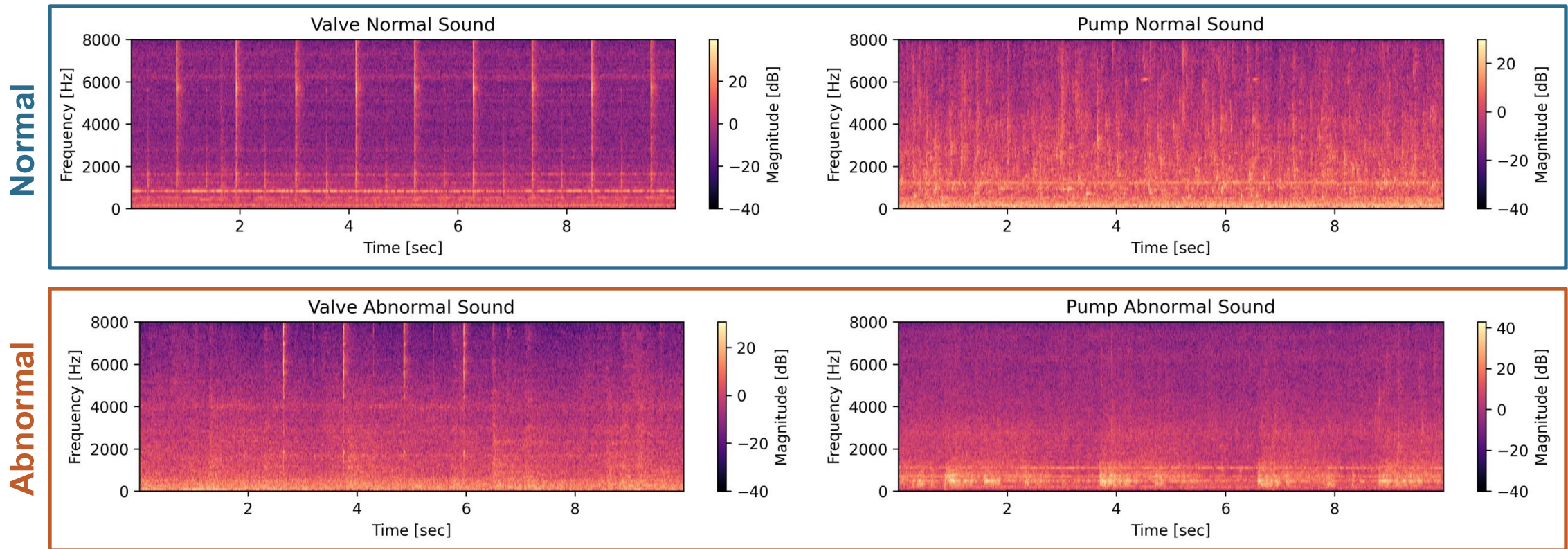
- A microphone array is placed at the center of the four machine types
- The machines are on one at a time
- Each machine have multiple anomalous conditions (table)



Machine type	Operations	Examples of anomalous conditions
Valve	Open / close repeat with different timing	More than two kinds of contamination
Pump	Suction from / discharge to a water pool	Leakage, contamination, clogging, etc.
Fan	Normal operation	Unbalanced, voltage change, clogging, etc.
Slide rail	Slide repeat at different speeds	Rail damage, loose belt, no grease, etc.

Spektrogrammer under normale forhold

- Spektrogrammerne viser, at hver maskine har sine egne unikke lydkarakteristika.



Med deep learning fik vi en præcision på ca. 85 %



Tips til implementering

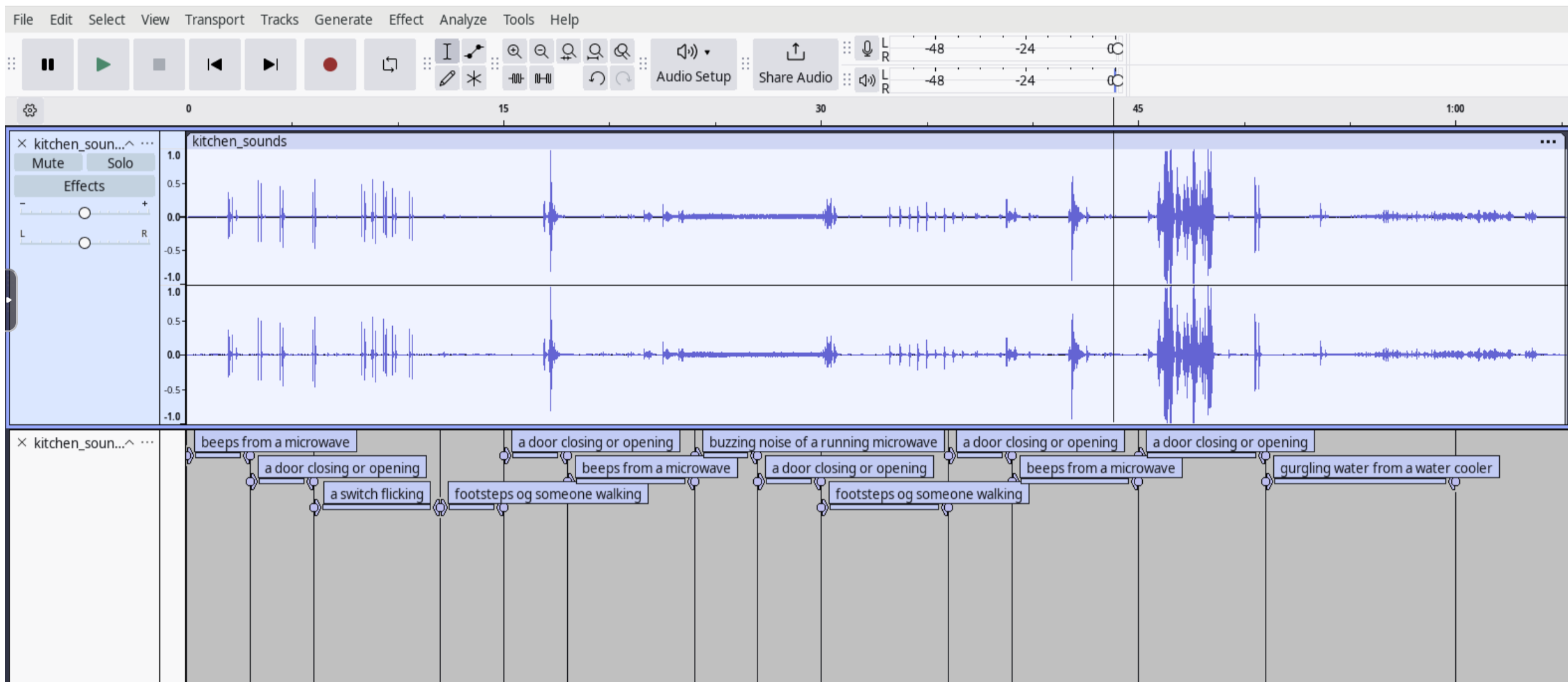
Hvilken tilgang skal I vælge?

- Den **brede, undersøgende tilgang**
 - I ved måske ikke præcis, hvilke lyde der er relevante
 - I vil derfor undersøge mange signaler og finde mønstre.
 - Eksempel: En produktion med mange maskiner og uspecifik lydhistorik
- Den **smalle, løsningsorienterede tilgang**
 - I ved allerede, hvilke lyde der er kritiske
 - I fokuserer på at løse ét konkret problem.
 - Eksempel: Stress detektor for fisk

Teknisk integration i jeres system

- Placering af mikrofon
 - tæt på maskine, eller i miljøet **afhængig af signal**.
- Annotering hvis muligt
 - Når lydsignalet indikerer **“normal” vs “afvigelse”**.
 - Alternativt: **Automatisk annotering af data** med f.eks. modeller såsom CLAP.
- Datamængde
 - **Flere timer, mange eksempler**, både normale og fejl/situationer.
 - Kvalitet frem for kvantitet: **den rette lyd gør forskellen**.

Lyde i køkkenet på kontoret





Teknisk integration i jeres system

- I behøver ikke udskifte hele systemet for at bruge AI.
- I kan tilføje AI som ekstra lag til jeres eksisterende styrings-/monitoreringssystemer.
- Gør løsningen så enkel som mulig - start med ét område og udvid derfra.
- **Overvej:** Netværk, sikkerhed, vedligeholdelse af modellen, hvordan I håndterer opdateringer.

FactoryML

Hvordan ser et typisk forløb ud?

#1 - Afdækning og analyse

I en afdækningsworkshop hos jer analyserer vi jeres machine learning og ser på, hvilke problematikker I ønsker at afklare og hvilke processer I ønsker at automatisere med machine learning.

#2 - Præsentation af muligheder

På en opfølgende workshop kommer vi med bud på, hvordan vi kan etablere et miljø, der gør det muligt for jer at udvikle videre med vores software FactoryML.

#3 - Integration og afprøvning

Derefter integrerer vi FactoryML med jeres PLC-system eller produktionslinje og starter afprøvningsfasen, der typisk løber over nogle uger.

#4 - Evaluering

I en evalueringsworkshop beslutter vi sammen, om der er behov for eventuelle justeringer, eller om vi kan betragte FactoryML som færdigimplementeret.

<https://alexandra.dk/tdu-factory-ml-nem-implementering-af-maskinlaering-i-produktionen/>



Test om AI kan gøre en forskel for din virksomhed

- Vil du **genkende unormale lyde**, som kan være **årsag til fejl i systemer**?
- Vil du **kategorisere lyde** på din arbejdsplads?

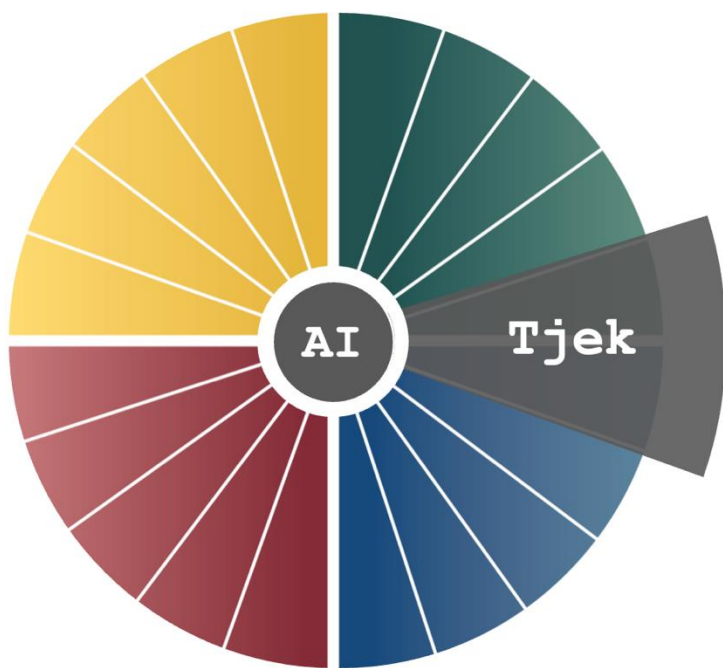
Opsummering & næste skridt

- **Det får du med hjem**
 - Ny viden om, hvordan andre virksomheder bruger AI til at kvalitetssikre produktion og detektere problemer.
 - Konkrete ideer til, hvordan I kan koble ny AI på jeres eksisterende teknologi via edge devices og maskinlæring til præcist definerede problemer, som skaber værdi for jer.
 - Inspiration til hvad I kan gøre **lige nu**, og hvilke næste skridt I kan tage.
- Vi har kigget på hvorfor **lyd + AI** er relevant, på valg af tilgang, dataindsamling og integration.
- Tænk over: **Hvilken tilgang passer til jer? Har I de rette data, eller kan det optages i nær fremtid? Hvordan kan I integrere AI med jeres systemer?**

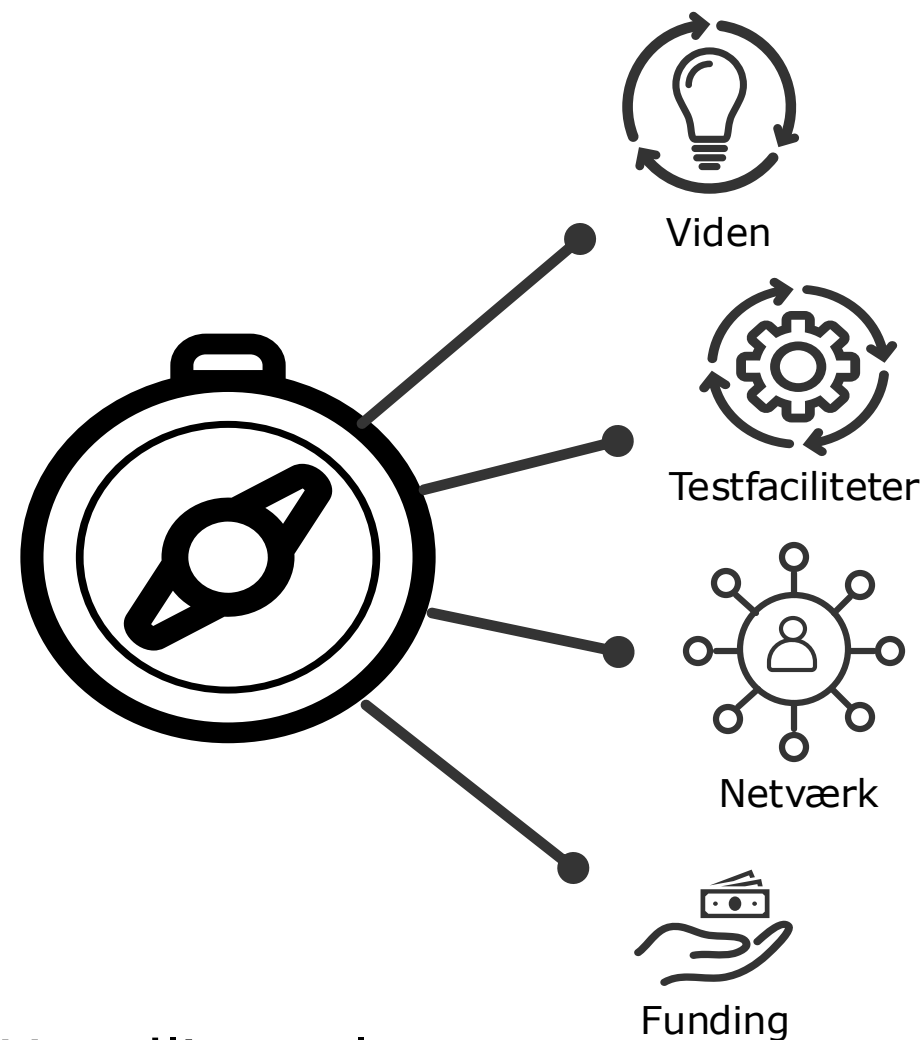
AI-Boost (Greater Copenhagen EDIH)

- 
- AI-Boost er en innovationshub
 - Skal **styrke SMV'ers digitalisering**
 - give adgang til førende viden og teknologi med fokus på AI.

» AI-Boost



AI-Tjek



Handlingsplan

Aktiviteter: Hvad kan du med AI-Boost

Sparring og prioritering



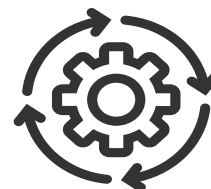
- AI-tjek og prioritering af indsatser
- Henvisning til rådgiver eller andre aktører

Viden



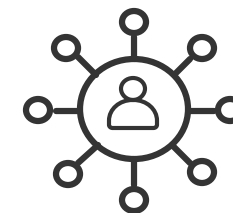
- Workshops om ny viden og teknologier
- Mød eksperter, rådgivere, universiteter
- Digital Tech Summit

Test before invest



- Afprøv din ide
- Rådgivning fra Alexandra eller FORCE.
- Adgang til testfaciliteter, bl.a. Doll Living Lab

Netværk og Funding



- Adgang til specialiseret viden i hele EU
- Vejledning om funding i EU, Innovationsfond, SMV Digital, mm.

Partnerkreds



Tag endelig fat i os:



Signe Ingholt-Gaarde



sig@ehhs.dk



61884615

<https://ai-boost.dk/content/>

Tak for i dag!

FREJA THORESEN

Alexandra Instituttet

+ 45 29 93 74 33

freja.thoresen@alexandra.dk