

Artikel

Prædiktiv vedligeholdelse

Hvordan en innovativ vedligeholdelsesstrategi baner
vejen for din virksomheds fremtid

All parts of success



Prædiktiv vedligeholdelse sikrer din omsætning og din succes

Som industriel produktionsvirksomhed ved du kun alt for godt, at uplanlagt nedetid og fejl på dine maskiner og systemer er en stor risiko for din virksomheds succes.

Hvis produktionen går i stå, og du ikke kan overholde dine leveringsfrister, kan det føre til erstatningskrav, bøder eller tabte ordrer.

Velholdte maskiner og systemer er derfor en vigtig byggesten for din virksomheds overlevelse.

Enhver industriel produktionsvirksomhed har derfor brug for en vedligeholdelsesstrategi, der minimerer nedetid og proaktivt forebygger uventede nedbrud og de ekstra omkostninger, de medfører.

Tidligere bestod denne strategi hovedsageligt af regelmæssige vedligeholdelsesintervaller og "fix-it-when-it's-broken", men ligesom store virksomheder bevæger SMV'er sig i stigende grad i retning af prædiktiv vedligeholdelse ved hjælp af moderne sensorer, måleudstyr og kunstig intelligens. Det giver dem mulighed for at opdage potentielle årsager til fejl på et tidligt tidspunkt og forhindre uventede nedbrud og nedetid på grund af uventede reparationer. Det magiske ord: prædiktiv vedligeholdelse.

I denne artikel forklarer vi, hvordan man kan udnytte digitaliseringens kraft til en forebyggende og prædiktiv vedligeholdelsesstrategi i industriproduktionen.

Indholdsfortegnelse

1. Prædiktiv vedligeholdelse og vedligeholdelse i fremstillingsindustrien	4
Tab som følge af produktionsafbrydelser: fakta og tal	5
Produktionsafbrydelser som en omkostningsfaktor	6
2. Trin 1: Fra reaktiv vedligeholdelse til prædiktiv vedligeholdelse	7
3. trin 2: Forebyggende vedligeholdelse - planlægning i stedet for at tage chancer	8
4. trin 3: Prædiktiv vedligeholdelse: realtidsdata til optimal vedligeholdelse	9
Forebyggende versus prædiktiv vedligeholdelse	9
Brug af prædiktiv vedligeholdelse	10
Fordelene ved forebyggende vedligeholdelse	10
5. Forebyggende og prædiktiv vedligeholdelse i praksis	12
Vibrationsanalyse	13
Infrarød analyse	14
Overvågning af kredsløb?	15
6. Best practices	17
7. Konklusioner	18
Kilder til information	19

Prædiktiv vedligeholdelse og vedligeholdelse i fremstillingsindustrien

Enhver uplanlagt nedetid koster penge. I de værste tilfælde er reservedele ikke umiddelbart tilgængelige, og maskiner og anlæg er nede i dage eller uger. Men de, der opdager tegnene på et forestående nedbrud, før det sker, kan bestille reservedele i tide og planlægge uplanlagt vedligeholdelsesarbejde på en måde, der minimerer forstyrrelsen af produktionen.

Udfordringer fra fortiden: Maskiner og anlæg var ofte sorte bokse. Materialetræthed, beskadigede dele eller andre tegn på slitage blev kun opdaget under planlagt vedligeholdelse - eller ved en pludselig fejl, der stoppede produktionen.

I dag kan vi undgå ubehagelige overraskelser med sensorer og løsninger, der registrerer selv de mindste ændringer i maskinerne. Det gør det muligt at udskifte en beskadiget komponent, før maskinen bryder sammen, eller der opstår yderligere skader.

Ved at integrere moderne teknologier som digitale sensorer og kunstig intelligens kan man reducere uventet nedetid og forlænge maskinernes levetid betydeligt. Dette white paper beskriver, hvordan man kan udnytte digitaliseringen til en strategi for forebyggende vedligeholdelse.

Tab som følge af produktionsstop: fakta og tal

80%

Ved du præcis, hvor meget en times uplanlagt nedetid i produktionen koster din virksomhed? I så fald er du i mindretal. Selv om nedetid i industriel produktion er en af de største omkostninger og endda en forretningsrisiko, ved mange virksomheder ikke nøjagtigt, hvor meget en times nedetid koster. Ifølge International Society of Automation (ISA) kan 80 % af virksomhederne ikke nøjagtigt estimere omkostningerne ved nedetid.



De faktiske tab i tilfælde af en forretningsafbrydelse afhænger hovedsageligt af virksomhedens størrelse, branchen og mange individuelle (omkostnings)faktorer. Ofte undervurderes konsekvenserne drastisk. Når produktionen stopper på grund af en defekt maskine eller anlæg, og det tager lang tid at udbedre nedbruddet, stiger omkostningerne hurtigt. „Så stiger omkostningerne hurtigt til flere tusinde kroner i timen pr. anlæg. Der er virksomheder, som har årlige omkostninger på et sekscifret beløb eller mere på grund af uplanlagte maskinstop,“ siger Jan Dornbach, leverandør af vedligeholdelsestjenester.

50%

Ifølge en Senseye-undersøgelse af 56 store virksomheder i fremstillings- og procesindustrien er omkostningerne ved nedetid steget kraftigt siden 2020. I 2022 var uplanlagt nedetid mindst 50 % dyrere end i 2019/2020. I gennemsnit mister en fabrik 25 timers produktionstid om måneden på grund af uplanlagt nedetid. Bilindustrien er særligt hårdt ramt, hvor en times tabt produktion koster virksomhederne mere end 2 millioner USD.

11%

Ifølge Senseye går omkring 11 % af salget tabt hvert år på grund af produktionsafbrydelser.

5%

Ifølge en undersøgelse foretaget af eMaint mister en fabrik mindst 5 % af sin produktionskapacitet på grund af nedetid, og mange fabrikker mister helt op til 20 %. Bil- og metalindustrien har mest nedetid hvert år.

Produktionsafbrydelser som omkostningsdriver

Som nævnt koster hvert minut, hvor produktionen står stille, penge direkte. I det tidsrum foregår der ingen produktion, og der opnås ingen fortjeneste, mens de faste omkostninger (f.eks. personaleomkostninger og vedligeholdelse af produktionsanlægget) fortsætter. Hvis det også tager lang tid at finde fejl eller skaffe reservedele, stiger omkostningerne yderligere. Dertil kommer omkostninger til reparation af nedbrud og fejl, som ofte undervurderes.

Omkostninger til personale eller tjenester	Tabte salgsmuligheder	Lange ventetider eller leveringsproblemer
Skade på omdømme	Påløben overtid	Tilbagebetaling

Desværre er de mest almindelige årsager til uplanlagt nedetid som regel indbygget i organisationernes egne strukturer.

Alt for ofte

- er der kun lidt eller ingen indsigt i maskinernes tilstand.
- vedligeholdelsen er dårligt planlagt
- vedligeholdelsen er utilstrækkelig på grund af manglende færdigheder eller værktøj
- fejl begået af enkelte medarbejdere forekommer regelmæssigt
- der er defekte eller dårlige reserveunderskærere

For enhver virksomhed, og især for SMV'er, er det vigtigt at tage alle disse faktorer i betragtning for at bestemme de sande omkostninger ved en produktionsafbrydelse. At beregne disse omkostninger er én ting, men den ideelle situation er at undgå dem. Nøglen til dette er en smart optimering af vedligeholdelses- og reparationsprocesserne.



Trin 1: Fra reaktiv vedligeholdelse til forebyggende vedligeholdelse

Mange produktionsvirksomheder, især små, benytter sig stadig af reaktivt vedligehold som supplement til deres regelmæssige vedligeholdelsesintervaller. Princippet er enkelt: En uplanlagt reparation udføres kun, når en maskine eller et anlæg ikke længere er i drift. Denne vedligeholdelsesmetode stammer fra en tid, hvor maskinerne var mindre komplekse, hvilket gjorde nedbrud sjældne og reparationer relativt enkle. Desuden var der ingen moderne sensorer eller databehandlingsfunktioner, som først blev tilgængelige med den stigende digitalisering.

I dag, med stadig mere komplekse produktionsanlæg og stadig mere digitale netværk mellem maskinerne, er reaktiv vedligeholdelse ofte ikke længere den mest effektive og omkostningseffektive vedligeholdelsesmetode. Den største ulempe er den manglende planlægbarehed. Fejl kan ikke forudsiges med reaktiv vedligeholdelse og kan i værste fald opstå, når situationen allerede er anspændt på grund af mange ordrer eller personalemangel. Desuden er det ikke muligt at planlægge og kombinere personaleindsættelse og reservedelslager, hvilket er meget dyrt i det lange løb. I modsætning hertil er bedre planlægning og effektive omkostningsbesparelser mulige med forebyggende vedligeholdelse.

Trin 2: Forebyggende vedligeholdelse - planlægning i stedet for blind tro

Med forebyggende vedligeholdelse handler virksomheder proaktivt. Målet er at kunne forudse nedbrud og udføre vedligeholdelse og reparationer, før produktionen går i stå. For at gøre dette planlægges og udføres vedligeholdelsen på en sådan måde, at den er så effektiv som muligt og minimerer sandsynligheden for, at en maskine går i stykker eller bliver uanvendelig.

Denne tilgang giver mulighed for betydelige omkostningsbesparelser sammenlignet med reaktiv vedligeholdelse. Ifølge retningslinjer for forretnings- og vedligeholdelsespraksis anslås det, at virksomheder sparer omkring 12-18% i omkostninger med forebyggende vedligeholdelse.

Fordele og praksis ved forebyggende vedligeholdelse

Ud over de betydelige omkostningsbesparelser har forebyggende vedligeholdelse også andre fordele:

- Systemernes levetid forlænges.
- Yderligere konsekvenser af et nedbrud, som f.eks. ekstra omkostninger eller tab af omdømme, undgås.
- Reparationsomkostningerne reduceres.
- Personalets arbejdssikkerhed kan garanteres.
- Forskellige vedligeholdelsesaktiviteter kan kombineres.
- Et bedre overblik over reservedelslageret og lavere omkostninger er muligt.

Man kan bruge forskellige metoder til at planlægge forebyggende vedligeholdelse. I den tidsbaserede tilgang bruger virksomhederne deres egne erfaringsdata. Vedligeholdelsesintervaller planlægges ud fra tidligere perioder med fejl eller nedbrud (Mean Time Between Failures), mens den brugsbaserede tilgang tager højde for værdier som antallet af cyklusser eller maskinens levetid, dvs. den faktiske brug og det slid, der opstår.

Uanset hvilken tilgang der anvendes, udarbejdes der i sidste ende vedligeholdelsesplaner, hvor vedligeholdelsen udføres med regelmæssige intervaller. Det omfatter også regelmæssig inspektion af maskiner. Til at styre vedligeholdelsesprocesser, fra planlægning og skemalægning af serviceintervaller til overvågning og optimering, bruges normalt såkaldt CMMS-software (Computerised Maintenance Management System).

Trin 3: Forudsigende vedligeholdelse: data i realtid til optimal vedligeholdelse

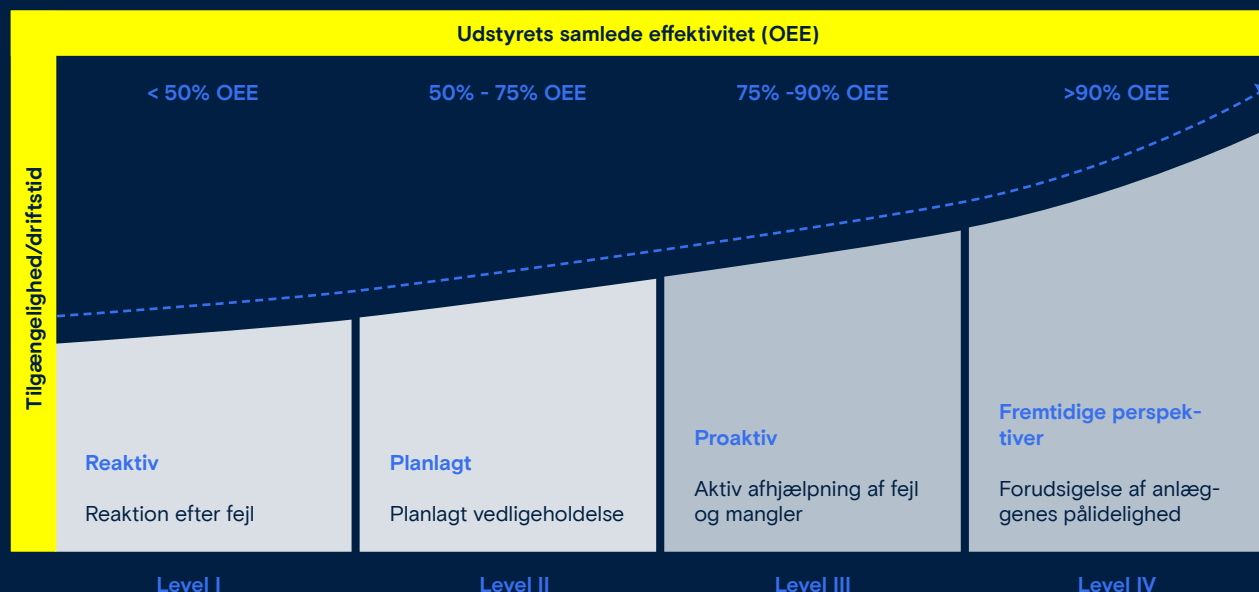
Forebyggende versus prædiktiv vedligeholdelse

Forebyggende vedligeholdelse er baseret på kontrol med regelmæssige intervaller, uanset maskinernes og installationernes faktiske tilstand. Her er servicepersonalet afhængig af bedste praksis og historiske data. Jo bedre en virksomhed kender sine installationer, jo mere præcist kan serviceintervallerne planlægges. Men de optimale (teoretiske) serviceintervaller, der bestemmes under forebyggende vedligeholdelse, kan kun være en tilnærmelse til virkeligheden. Det er også her, den største udfordring ligger: Hvis vedligeholdelsen udføres for tidligt, stiger omkostningerne, og der opstår unødvendig nedetid. Hvis vedligeholdelsesintervallerne er for

lange, øges risikoen for produktionsstop. ökar risiken för produktionsstopp.

Prædiktiv vedligeholdelse er på den anden side ikke baseret på skøn over brugsperioder og slitage, men på realtidsdata fra maskinerne. Ved at analysere realtidsdata kan det optimale vedligeholdelsestidspunkt bestemmes meget præcist. Reparationer målrettes, hvilket resulterer i 25 til 30 % mindre nedetid sammenlignet med andre vedligeholdelsesmetoder.

Med prædiktiv vedligeholdelse undgår virksomheder risikoen for at udskifte dele for tidligt (hvilket fører til høje vedligeholdelsesomkostninger) eller forårsage nedetid på grund af sen vedligeholdelse.



Fordelene ved prædiktiv vedligeholdelse



Færre ulykker på
arbejdspladsen



Optimeret
ressourceplanlægning



Længere levetid for
udstyret



Forbedret
produktion



Lavere vedligeholdelse-
somkostninger



Reduceret
nedetid

Sådan fungerer prædiktiv vedligeholdelse

Denne vedligeholdelsesmetode kræver, at maskinerne udstyres med digitale sensorer, måleinstrumenter og andre analyseværktøjer, som indsamler alle relevante data i realtid. Alle data bliver derefter gemt og, vigtigst af alt, analyseret.

”Condition Monitoring” spiller en afgørende rolle i korrekt elektronisk tilstandsovervågning, især når elektriske parametre ændrer sig, eller når en ændring sker meget langsomt. Du kan finde flere oplysninger om dette emne i vores guide ”Tilstandsovervågning”: kontinuerlig overvågning af maskiners og installationers tilstand.

På grund af den enorme mængde data bruges der også teknikker som kunstig intelligens (AI) og maskinlæring (ML). Disse beregner sandsynligheden for maskinfejl baseret på de tilgængelige sensordata. Når der opdages en anomali, som f.eks. minimale vibrationsændringer inde i maskinen, bliver serviceteamet advaret, selv før nedetiden opstår.

En anden fordel ved disse metoder er, at man straks ved, hvor fejlen eller slitagen er, og at der er tid nok til at reparere maskinen eller udskifte dele, før nedbruddet sker. Desuden er regelmæssig tilstandsovervågning, som er dyr i det lange løb, ikke længere nødvendig.

Mange virksomheder har allerede indset det enorme potentiale, der ligger i prædiktiv vedligeholdelse. Ifølge en undersøgelse fra BearingPoint er 75 % af de adspurgte virksomheder engagerede i denne vedligeholdelsesmetode, og en tredjedel har allerede bragt projekterne ud over pilotfasen. Der er dog stadig plads til forbedringer: Selvom det gennemsnitlige modenhedsniveau er steget siden 2017, siger kun 4 %, at de fuldt ud udnytter potentialet i prædiktiv vedligeholdelse i deres drift.

Alle virksomheder er dog enige om én ting: Investeringerne er det hele værd. De projekter, der er blevet gennemført, har ført til en omkostningsreduktion på mere end 10 % ved at minimere maskiners og anlægs nedetid og vedligeholdelsesomkostninger. Boston Consulting Group anslår endda, at reduktionen i uplanlagt nedetid gennem prædiktiv vedligeholdelse ved hjælp af data science og AI er 20 % til 40 %, og at reduktionen i de samlede driftsomkostninger er 10 %.



Forebyggende og prædiktiv vedligeholdelse i praksis

I næsten al industriel produktion er det nødvendigt at overvåge vigtige maskin- og anlægskomponenter. En stor del af dette består af vibrations- eller svingningsanalyse, infrarød analyse og kredsløbsovervågning.

Analyse af vibrationer eller svingninger

Roterende komponenter som motorer, pumper og gearkasser spiller en afgørende rolle i forebyggelsen af maskinnedbrud. Derfor er det meget vigtigt, at de kontrolleres og overvåges ved hjælp af vibrationer eller vibrationsanalyse.

Vibrationsanalyse indebærer måling og analyse af de vibrationer, der produceres af en maskine eller komponent. Disse sammenlignes med det normale vibrationsmønster. Når der opdages en anomali, kan det være tegn på problemer som ubalance, forkert justering, slitage eller friktion, som kan føre til forringelse og langsigtet svigt af maskinen. Derfor kan der træffes modforanstaltninger i god tid.

Med en vibrationsmåler kan man udføre pålidelige vibrationsanalyser. Disse meget følsomme, eksterne sensorer er normalt fastgjort til maskinen med en magnetisk base. De giver mulighed for pålidelig analyse af vibrationsadfærd selv under meget trange forhold eller på svært tilgængelige steder, og resultaterne vises direkte på displayet.

Eksempler på praktiske vibrationsmålere:

conradelektronik.dk/vibrationsmaalere



Voltcraft VBM-85
vibrationsmåler

Den infrarøde analyse

Et andet vigtigt anvendelsesområde for prædiktiv og forebyggende vedligeholdelse er temperaturområde. Her bruges infrarød analyse eller infrarød spektroskopi til at måle og overvåge temperaturen i en installation. Infrarød analyse er særligt velegnet til bevægelige dele.

Øget friktion ved hængsler og kuglelejer kan således opdages tidligt, selv før delene svigter. Målte afvigelser indikerer, om der er behov for inspektion og/eller vedligeholdelse. Infrarød analyse kan bruges til forskellige maskiner, forudsat at der udsendes tilstrækkelig målbar varme. En yderligere fordel er, at analysen kan udføres berøringsfrit, hvilket giver større sikkerhed for vedligeholdelsespersonalet.

Til dette formål bruges varmebilledkameraer, hvor hotspots er umiddelbart synlige, og hvis temperaturområde kan strække sig fra -20 til 500 eller endda 600 grader Celsius. For kritiske maskinkomponenter giver det mening at arkivere varmekamerabillederne inklusive temperaturdata. Det gør det muligt at sammenligne den aktuelle tilstand med tidligere situationer, hvilket øger pålideligheden af den aktuelle måling.

Eksempler på højtydende varmebilledkameraer

conradelektronik.dk/varmekameraer



Testo 868s
varmebilledkamera

Overvågning af kredsløbet

Kontinuerlig overvågning af kredsløb er afgørende for, at maskiner og installationer fungerer. Det er den eneste måde at undgå overbelastning og mulige kortslutninger på. Til dette formål bruges beskyttelsesafbrydere, som i tilfælde af overbelastning eller kortslutning registrerer det aktuelle kredsløb og kobler det fra lysnettet.

Kommunikative afbrydere overvåger også løbende maskiner og installationer og advarer servicepersonalet, hvis en forudindstillet grænse, f.eks. visse strøm- og/eller effektværdier, overskrides. Inspektion og/eller vedligeholdelse kan derefter udføres. Desuden overvåger

enhederne maskinens strømforsyning, hvilket øger anlæggets tilgængelighed betydeligt. På denne måde opnås der fuldstændig gennemsigtighed helt ned til det sidste kredsløb.

Grundlaget for kredsløbsovervågningen er kommunikerende afbrydere med integreret differentialstrømovervågning. Disse enheder er trådløst forbundet med en datatransceiver (Powercenter 1000). Datatransceiveren indsamler de målte værdier og sender dem til analyse til slutenheder som f.eks. en computer eller en mobil enhed eller til en IoT-grænseflade på højere niveau.

Eksempler på dataindsamlingsmoduler og strømafbrydere



Siemens
7KN11110-OMC00
Powercenter 1000



Siemens 5SL6016-
6MC-afbryder
5SL6 COM



Siemens
5SL6016-6MF
afbryder 5SL6
COM RCM



Siemens
5SV60166MC16
Brandsikringskontakt

Forskellige muligheder for kredsløbsovervågning

Advarselsmeddelelser, når en grænse overskrides

Forebyggelse af strømafbrydelser gennem tidlig reaktion/modforanstaltninger

Registrering af strøm, spænding, netfrekvens og temperatur.

Konklusioner på udstyrsfejl i det sidste kredsløb.

Integreret arbejds-cyklus, driftstimer og kortslutningstæller.

Planlægt udskiftning af strømafbrydere
Forudseende vedligeholdelse

Forskel mellem forsætlig nedlukning og fejlrelateret aktivering.

Forenklet, målrettet og tidsbesparende fejlfinding.

Måling af strøm-, energi- og effektværdier.

Fordeling af energiforbrug fra netindgang til slutkredsløb.

Måling af differentialstrømme over et bredt frekvensområde.

Tidlig opdagelse og forebyggelse af nedetid og fejl.

Fjernbetjent gentilslutning.

Automatisk genstartsfunktion
Individuel genstartsfunktion, der kan konfigureres

RCD-test og automatisk måling af isolationsmodstand.

Omfattende automatiserede og planlægbare test- og dokumentationsfunktioner.

Bedste praksis

At indføre eller gå over til forebyggende vedligeholdelse giver i første omgang mange udfordringer for virksomhederne. Producenter ved ofte ikke, hvor de skal starte, eller hvordan de får mest muligt ud af vedligeholdelsesoptimering. I jagten på de bedste muligheder kan disse best practices hjælpe.



Projektplaner vil hjælpe

Som med indførelsen af ethvert nyt system er det vigtigt at udvikle en detaljeret projekt- og handlingsplan for forebyggende vedligeholdelsesløsninger. Det indebærer at sætte mål, der er specifikke, målbare, attraktive, realistiske og tidsbegrænsede (SMART). Ved løbende at overvåge fremskridtene kan medarbejderne lettere acceptere de nye krav og lære nye færdigheder trin for trin.



Less is more

I stedet for at gå helt over til prædiktive vedligeholdelsesløsninger baseret på maskinlæring, er det klogt at starte med små pilotprojekter. En optimal start er at begynde med en eller to særligt egnede maskiner, som man kan opbygge viden om og få erfaring med.



Forberedelse og opskalering

Når pilotprojektet har vist sig at være en succes, er det vigtigt at komme videre med det samme. Den gode nyhed er, at løsninger til forebyggende vedligeholdelse hurtigt kan opskaleres. Inden for seks til 12 måneder kan en virksomhed gå fra nogle få forbundne maskiner til en smart fabrik.



→ Sammenfatning

For SMV'er i den industrielle produktion er udviklingen af vedligeholdelsesstrategier en vigtig faktor for konkurrenceevne og tilpasningsevne. Forældede vedligeholdelsesmetoder som reaktiv vedligeholdelse er langt fra tilstrækkelige i betragtning af de moderne produktionsanlægs kompleksitet og netværk, og de øger hurtigt omkostningerne.

Digitaliseringen stiller virksomhederne over for nye udfordringer, men de vil ikke kunne undgå den på mellemlang og lang sigt. Kort sagt: Digitaliseringen er kommet for at blive. Og kun de, der investerer klogt i deres vedligeholdelsesstrategi nu, vil gøre deres virksomhed fremtids-sikret og konkurrencedygtig.

For dem, der ikke vil spilde tiden, anbefaler vi, at man allerede nu kigger på en række komponenter og deres applikationer, som vil gøre det lettere for dig at komme ind i branchen:

- Optimalt udstyret til vedligeholdelse, produktion og sikkerhed: forudsige, handle, drage fordel - en oversigt
- Måleinstrumenter, miljømålingsteknologi, test- og kontroludstyr og meget mere: Predictive maintenance i praksis
- Kvalitet i industriproduktionen: Det kan ikke lade sig gøre uden perfekt basisudstyr

Kilder

[1] ISA: How Much Is Plant or Facility Downtime Costing You?

<https://blog.isa.org/downtime-factory-plant-industrial-costs-risks>

[2] LokalPlus: „Jede Stunde Maschinenstillstand kostet ein Unternehmen bares Geld,„

<https://www.lokalplus.nrw/olpe/jede-stunde-maschinenstillstand-kostet-ein-unternehmen-bares-geld-51439>

[3] Siemens: SENSEYE PREDICTIVE MAINTENANCE - The True Cost of Downtime 2022

<https://www.lokalplus.nrw/olpe/jede-stunde-maschinenstillstand-kostet-ein-unternehmen-bares-geld-51439>

[4] eMaint: Kosten von Ausfallzeiten in der verarbeitenden Industrie

https://www.emaint.com/de/works/manufacturing_downtime_infographic/#:~:text=Tats%C3%A4chlich%20verliert%20fast%20jede%20Fabrik,Produktion%2C%20Umsatzerwartungen%2C%20Engp%C3%A4sse%20und%20mehr

[5] Industrial Production: Prädiktive oder präventive Wartung?

<https://www.industrial-production.de/instandhaltung/praediktive-oder--praeventive-wartung-.htm>

[6] BearingPoint: Predictive Maintenance Studie 2021

<https://www.bearingpoint.com/de-de/insights-events/insights/chancen-und-herausforderungen-von-predictive-maintenance-in-der-industrie/>

[7] Boston Consulting Group: Charting AI's Successful Course in Predictive Maintenance

<https://www.bcg.com/publications/2023/predictive-maintenance-in-manufacturing>

Efficacia complessiva delle apparecchiature (OEE) Source: <https://www2.deloitte.com/uk/en/insights/focus/industry-4-0/using-predictive-technologies-for-asset-maintenance.html>