

Multidisciplinär problemlösning:

*Hur man bör tänka och arbeta,
när det enda man vet är att man inte vet*

Elisabet Blom

Claes Fredö

Teknik som kompletterar, inte konkurrerar med, tillståndsovervakning.



Qring

Grundorsakssökning: *Automotive (Ford)*

- **D0: Plan:**
 - Plan för att bestämma förutsättningarna och lösa problemet.
- **D1: Använd en grupp:**
 - Etablera en grupp av personer som har produkt och/eller processkunnande.
- **D2: Beskriv problemet:**
 - Specificera problemet genom att identifiera termerna vem, vad, var, när, varför, hur och hur många för problemet.
- **D3: Utveckla en tillfällig isolationsplan:**
 - Definiera och identifiera isolerande aktiviteter för att isolera problemet från alla kunder.
- **D4: Bestäm och verifiera felorsaken och lösningspunkter:**
 - Identifiera alla troliga orsaker som kan förklara varför problemet uppstod. Identifiera också varför felet inte upptäcktes direkt. Alla orsaker skall verifieras eller bevisas. Man kan använda [Ishikawa diagrams](#) för att kartlägga effekten eller identifiera problemet.
- **D5: Verifiera permanenta lösningar för problemet som löser kundens problem långsiktigt:**
 - Använd förproduktionsprogram, bekräfta kvantitativt att korrigeringen kommer att lösa problemet.
- **D6: Definiera och implementera åtgärderna:**
 - Definiera och implementera de bästa åtgärderna.
- **D7: Förebygg återfall/ Systemproblem:**
 - Anpassa ledningssystem, operativsystem, metoder och utförande för att förebygga problem av liknande slag.
- **D8: Belöna nyckelpersoner i arbetsgruppen och organisationen:**
 - Premiera gruppens kollektiva ansträngningar. Gruppen måste således tackas formellt av organisationen. Ovanstående arbetssätt (8D) är standard inom bilindustrin och i andra industrier som kräver en grundlig och strukturerad problemlösningsprocess.

Filosofi



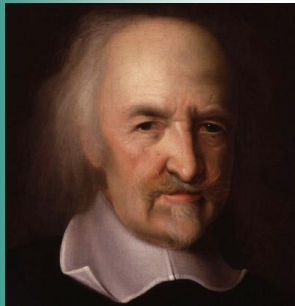
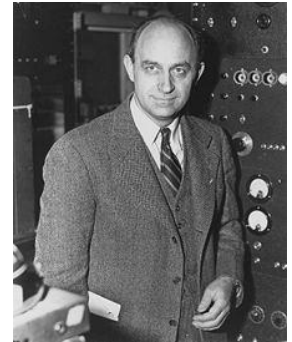
Law of the instrument:

"I suppose it is tempting, if the only tool you have is a hammer, to treat everything as if it were a nail."

Abraham Maslow

"If the result confirms the hypothesis, then you've made a measurement. If the result is contrary to the hypothesis, then you've made a discovery"

Enrico Fermi



"For between True Science and Erroneous Doctrines, Ignorance is in the middle."

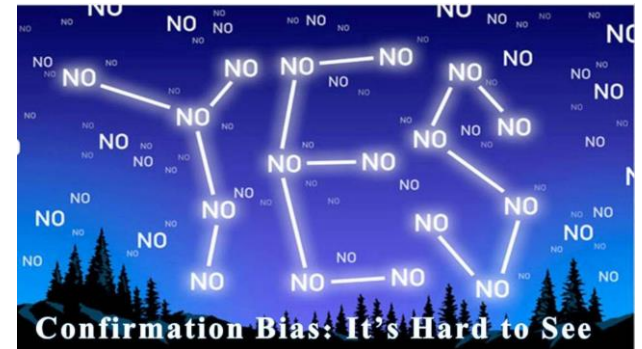
Thomas Hobbes

"All models are wrong, but some are useful"

George E.P. Box



QRING Konfirmerings Bias



- För att fånga det okända
 - Öka observabiliteten genom bruk av olika typer av sensorer.
 - Använd givare av olika typ och fabrikat, t. ex accelerometrar, laser vibrometer, proximiteter, etc.
- Samla in & sortera DATA
 - Logga data 24/7 – mät allt.
 - Automatisk processering för att hantera stora datamängder
- Strukturerad analysprocess
 - Börja med en översikt (helikoptervy)
 - Dyk inte in i detaljer utan att först försöka formulera en teori
- Krama 'fel'
 - Se till att givaren fungerar som den ska
 - Därefter, **förklara varför** givaren beter sig underligt – detta kan lösa problemet – **vårda dina kanariefåglar**



Exempel: Frekvensstyrd rökgasfläkt

Problem

- Havererad rökgasfläkt, 1.7 MW
- Troliga orsaker
 - Fjädrande shims & uppriktning
 - Momentana axiella vibrationer
 - Torsionsvibration & glapp
 - Processreglering– PID regulator
 - Högfrekvent jordpotential & elinstallation
 - Frekvensstyrningsteori
 - Interferens från annan fläkt



Accelerometrar

Acc Motor NDE



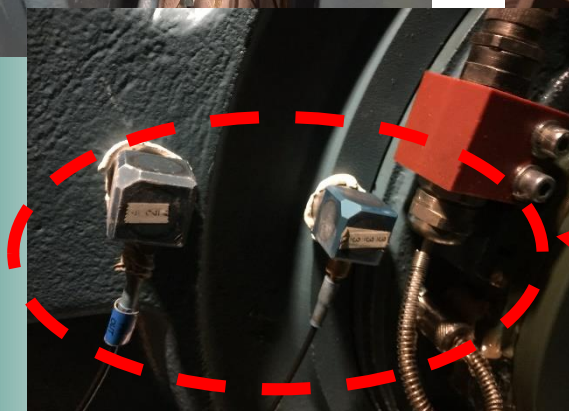
Acc Motor DE



Acc Lager Fläkt DE

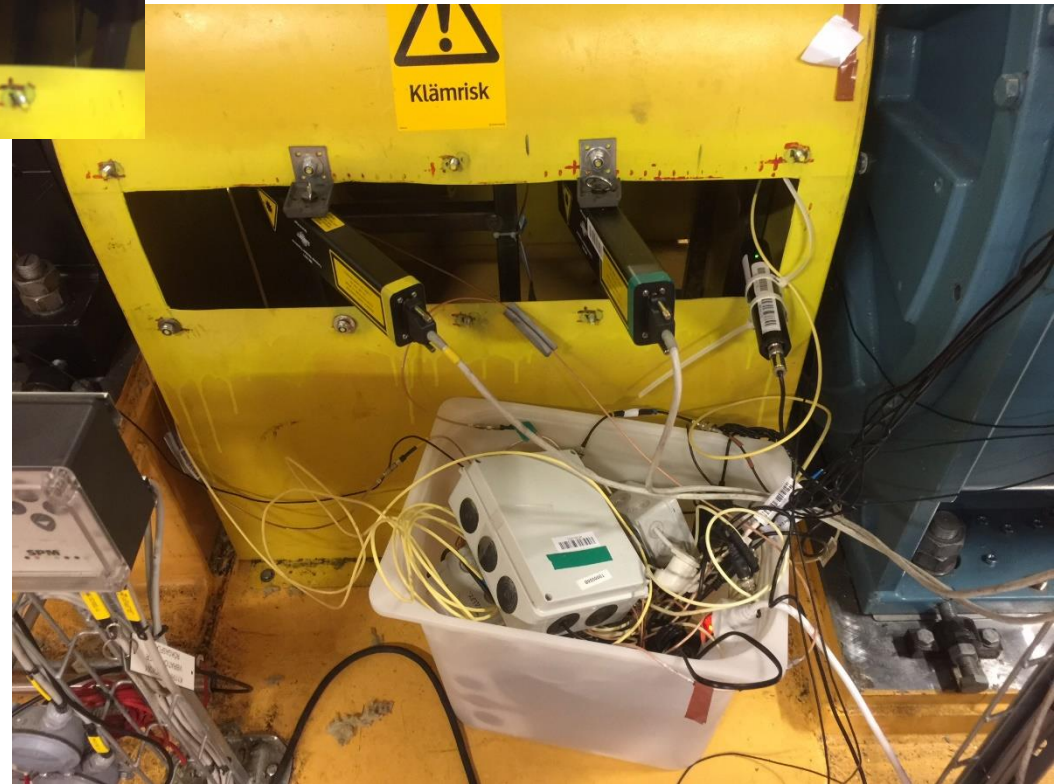
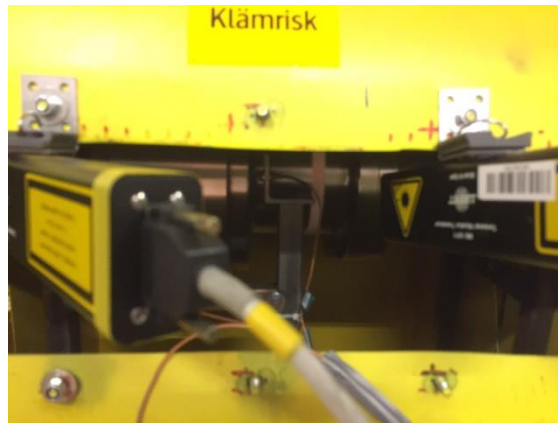


Acc Golv

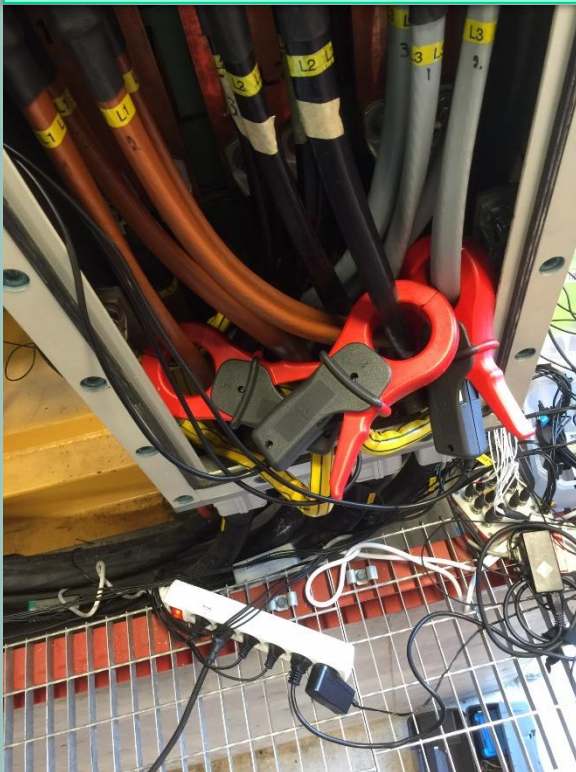


← Diskuteras

Lasers, Tacho & B-givare innanför kåpan



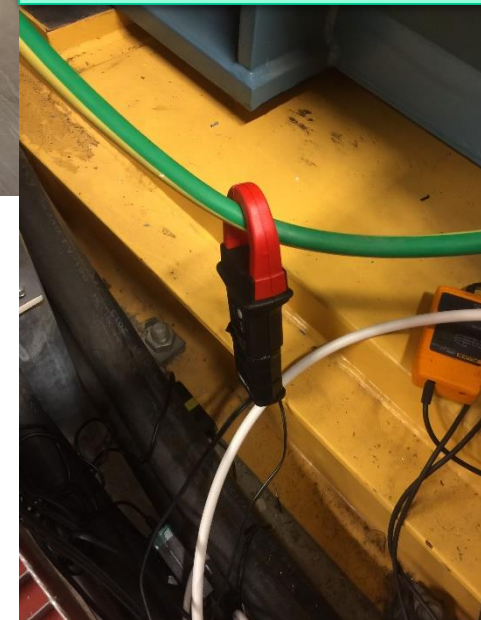
L1-L3 Motorström



Summaström@Motor
(L1+L2+L3+N+Gnd)



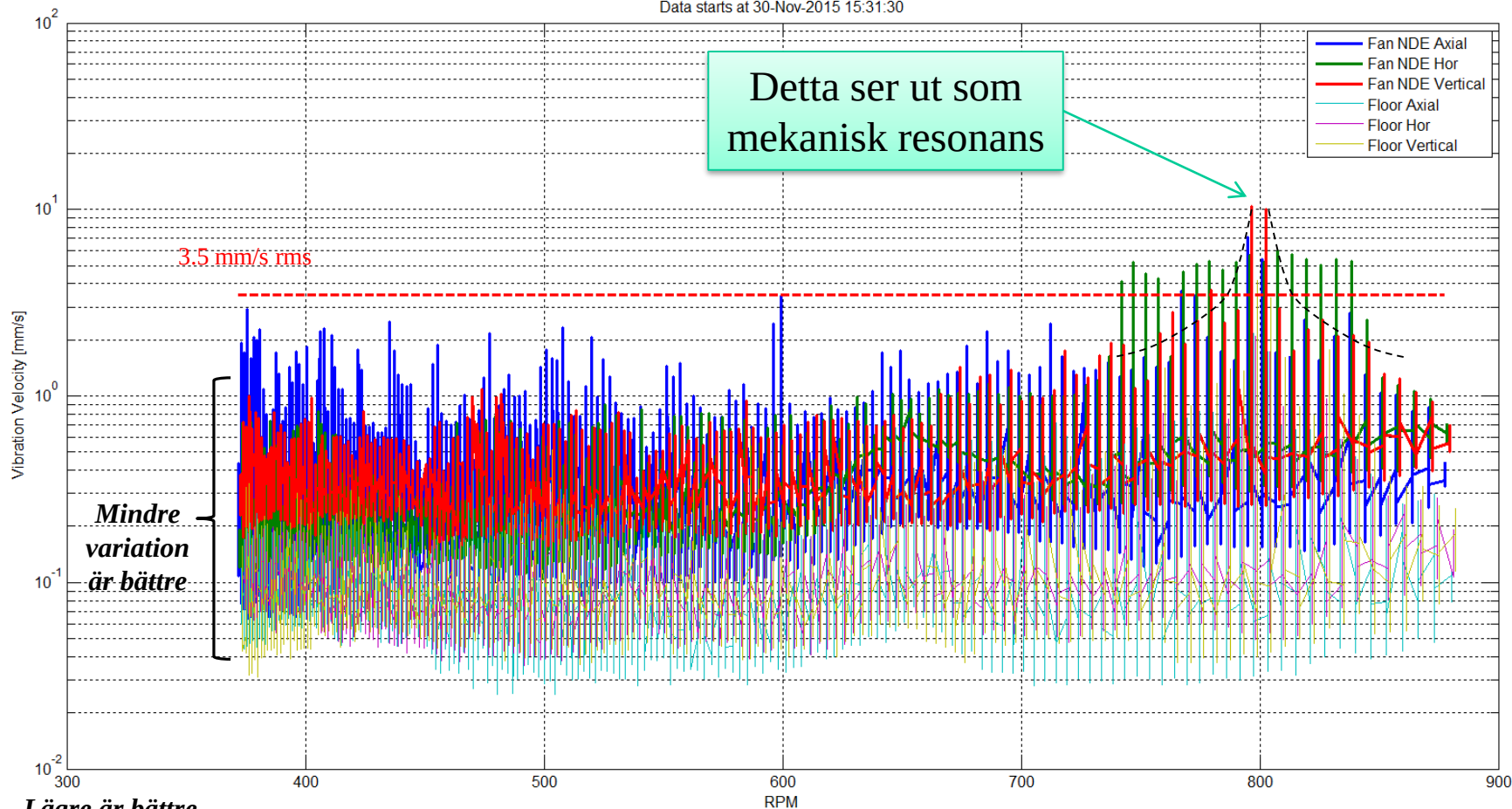
Jordström



Motoruppställning och golv

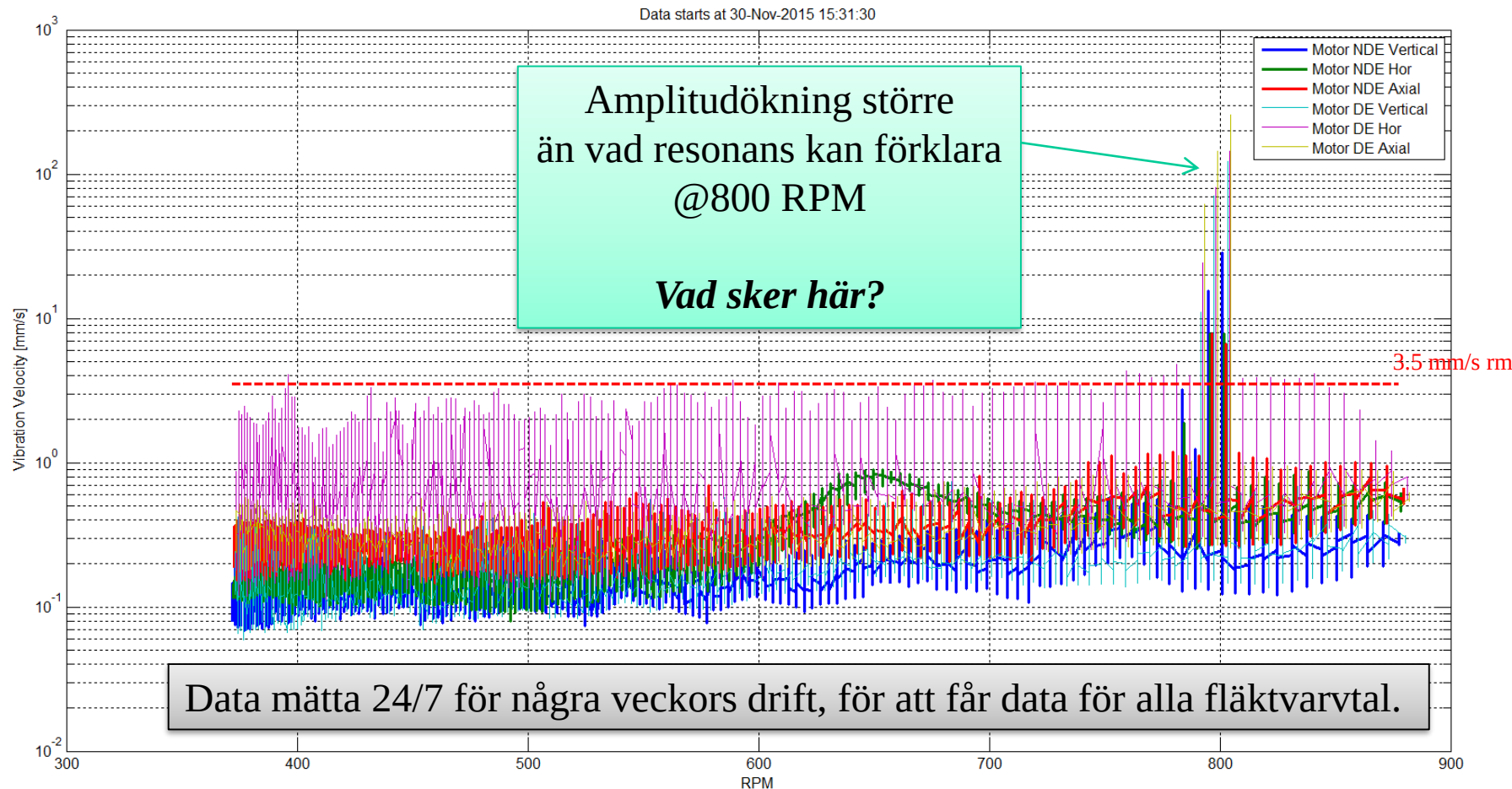
Högre är värre

Data starts at 30-Nov-2015 15:31:30



Lägre är bättre

Motorlager



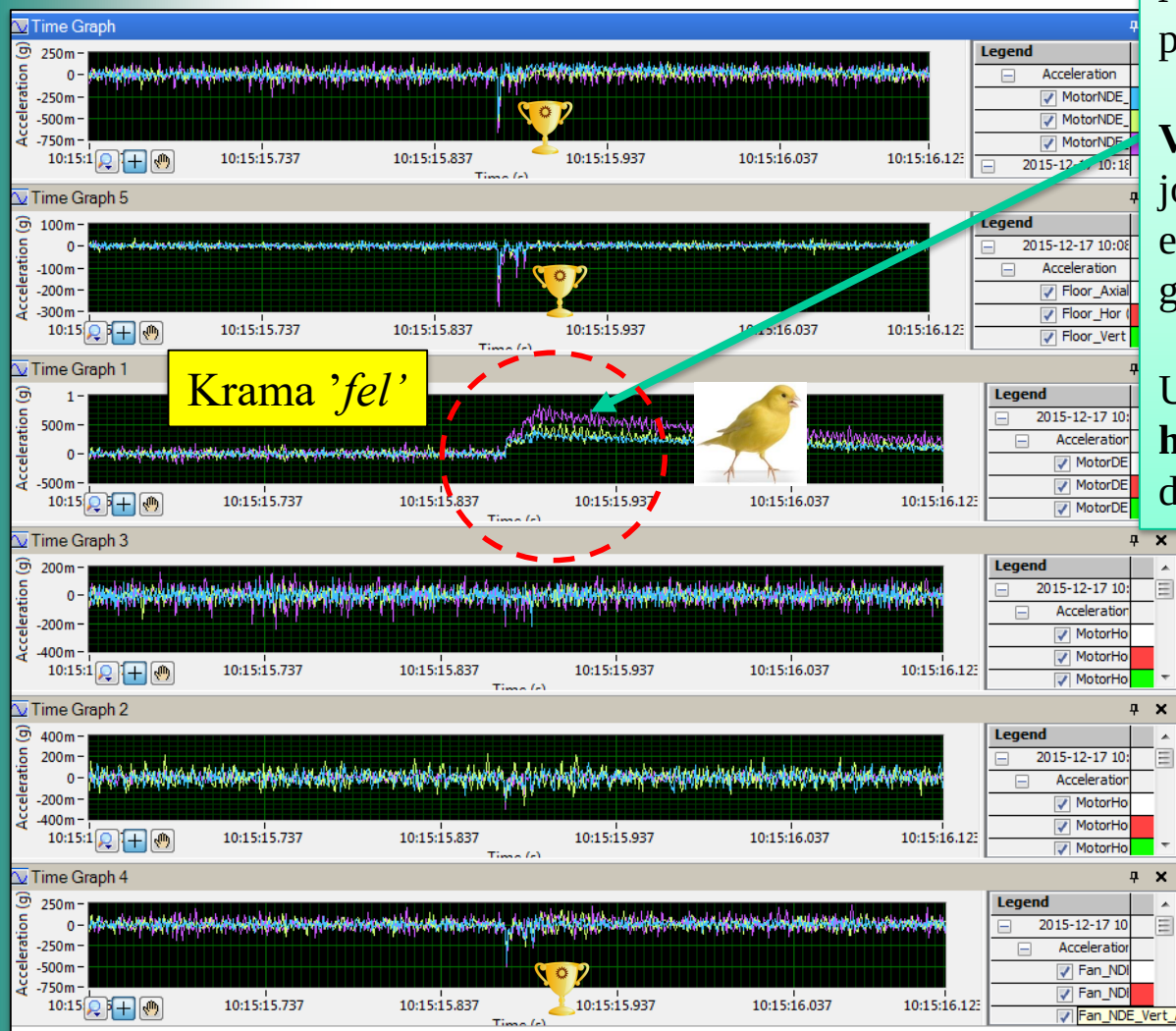


Kanariefåglar: Vad avses?

Accelerationssignalen ger plötsligen ett DC-skift

Varför? En inducerad, högfrekvent jordpotential blir stor nog att ge ett elektriskt överslag där gnista slår till givarens jord & skapar DC skiftet.

Usel mätning av vibration, men **hög**ligen användbar information, dvs. *en kanariefågel*



SMARTNEWS Keeping you current

The Story of the Real Canary in the Coal Mine

Used until just 30 years ago, the humble canary was an important part of British mining history



Mining foreman R. Thornburg shows a small cage with a canary used for testing carbon monoxide gas in 1928. (George McCas, U.S. Bureau of Mines)

By **Kat Eschner**
SMITHSONIAN.COM
DECEMBER 30, 2016

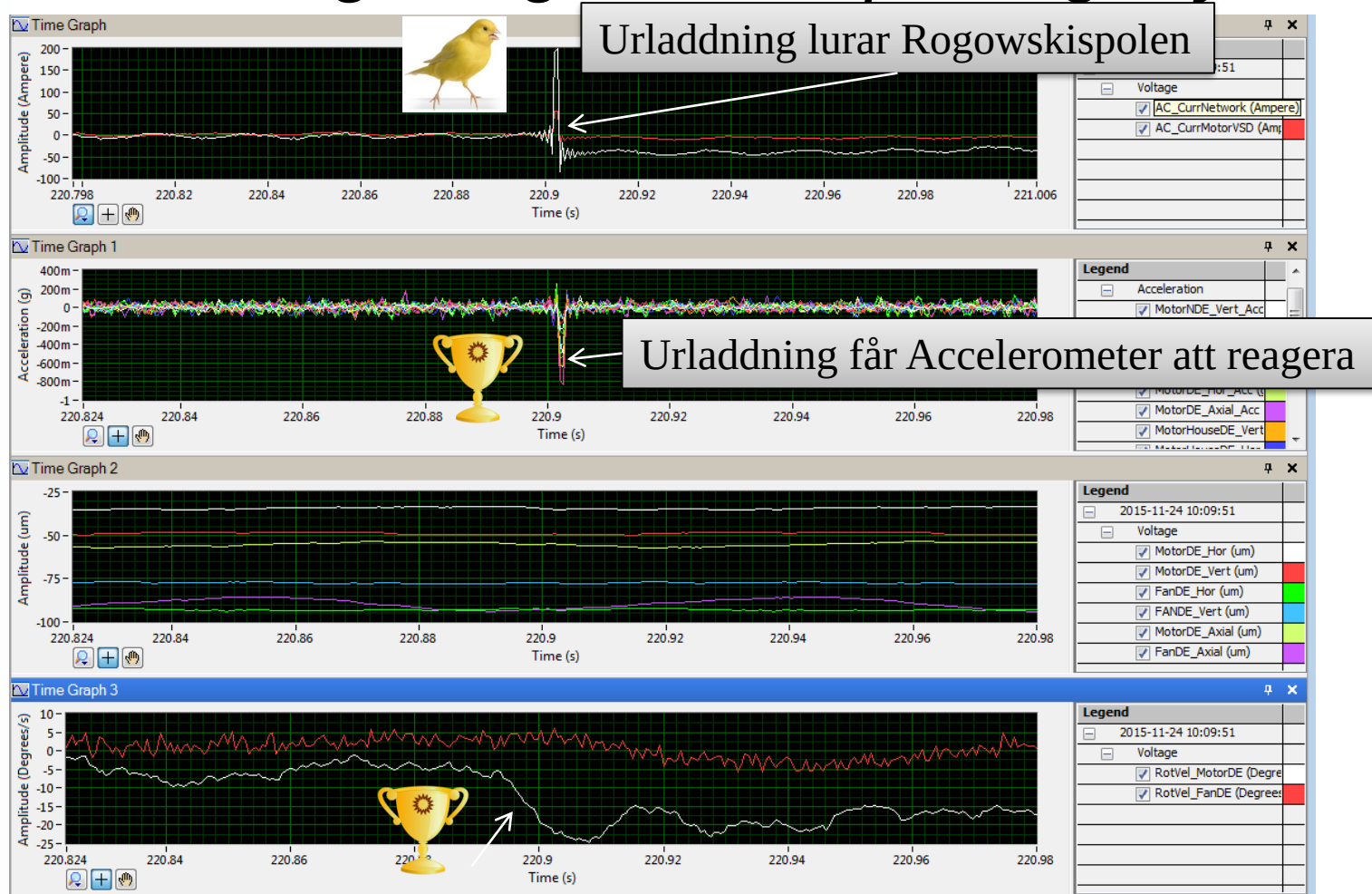
Multidisciplinärt: *Elfel/reglering orsakar plötsliga ryck*

AC current

Vibration

Relativ position
(B-givare)

Torsion



Torsionslasern visar att motorn rycker till - elfelet inverkar på dess drift

Vad är slutsatsen?

- Axiell vibration.
 - Bottenvåningens accelerometer visade 1000 mm/s vilket visade att en annan fläkt ett par rum bort var boven.
- Torsion
 - Visade två bakåtroterande moder som exciteras ibland & då skapar ryck.
- Spänningsöverslag.
 - Frekvensstyrningens 360 jordning var felaktig
- Frekvensstyrningens programmering
 - Regleringen luras av den bakåtroterande moden som fasvänder varvtalspulsen $N \cdot 180$ grader. Detta genererar också de överslag vi ser i Rogowskispole och Accelerometer.
- Lösning
 - Åtgärda elfel.
 - Lugna ner PID regulatorn & använd S-ramp
 - Minska- samt undvik språng i- börvärdesgradienten

Exempel: *Axiell Rökgasfläkt & Kontrollrumsdata*

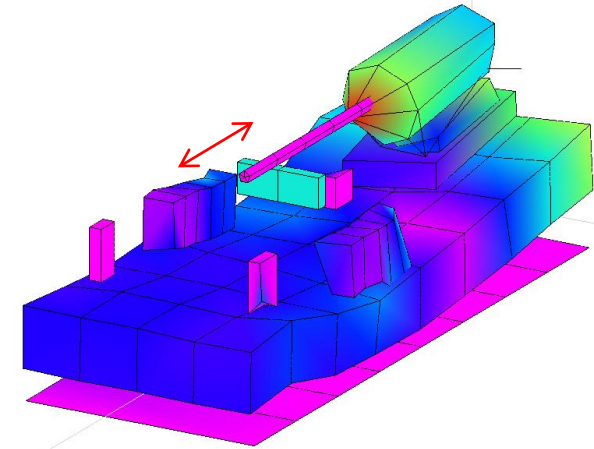
Problem & Arbete

- Rökgasfläkten
 - Hade efter flera års drift genomgått två haverier.
 - Var placerad på gummiblock som antogs vara felaktiga och en ända därför stelopererats.
 - Där fanns glapp och delar med inbyggd vekhet.
- Känt var att vibration inträffade i vissa MW omårderna för pannan.
 - I övrigt svårt att förstå/förutse fläktens beteende
- Arbete:
 - Experimentell Modalanalys, Torsions vibration + 3 månaders 24/7 loggning av
 - Vibration
 - AC summa- & jord- ström
 - Oljetryck till bladvinkel
 - (Rökgaskanalstryck)
 - (Bladvinkel via länkage)

QRING Översikt: Systemegenskaper att ta hänsyn till

Frequency (Hz): 26.99
Damping (%): 2.491

Betong Block
Mod@27 Hz



Instabiliteter

Flow induced instabilities

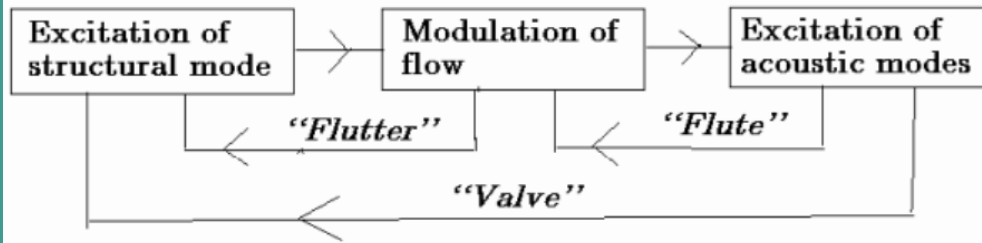
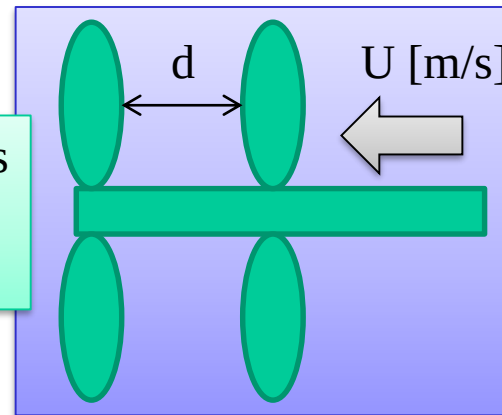


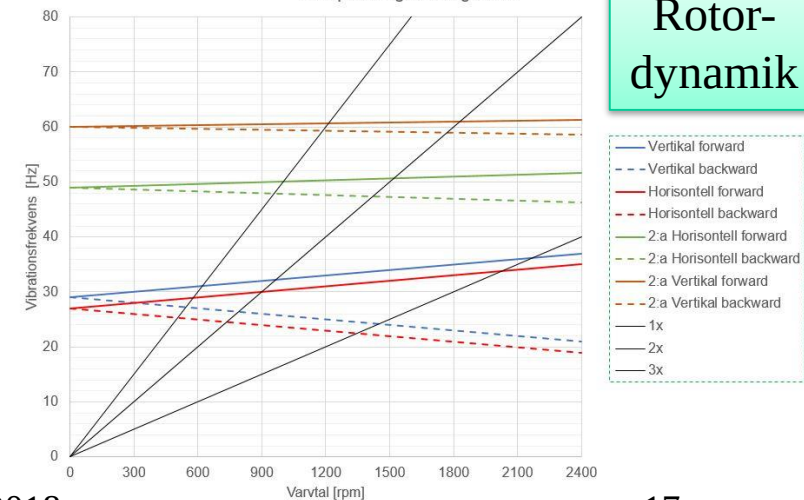
Figure 8.7: A classification of flow induced instabilities.

Axiell strömningsfrekvens

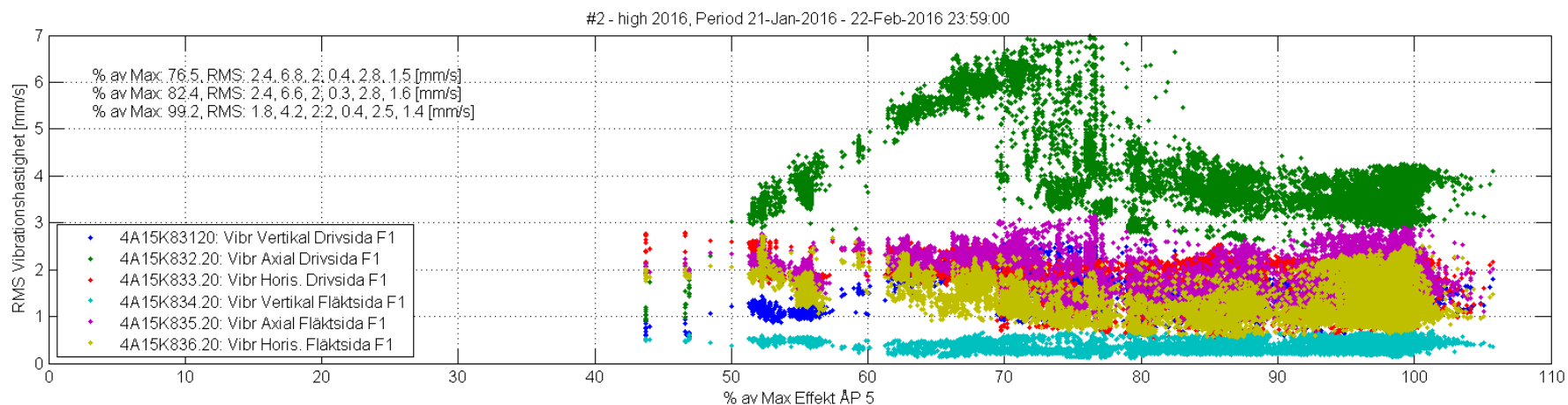
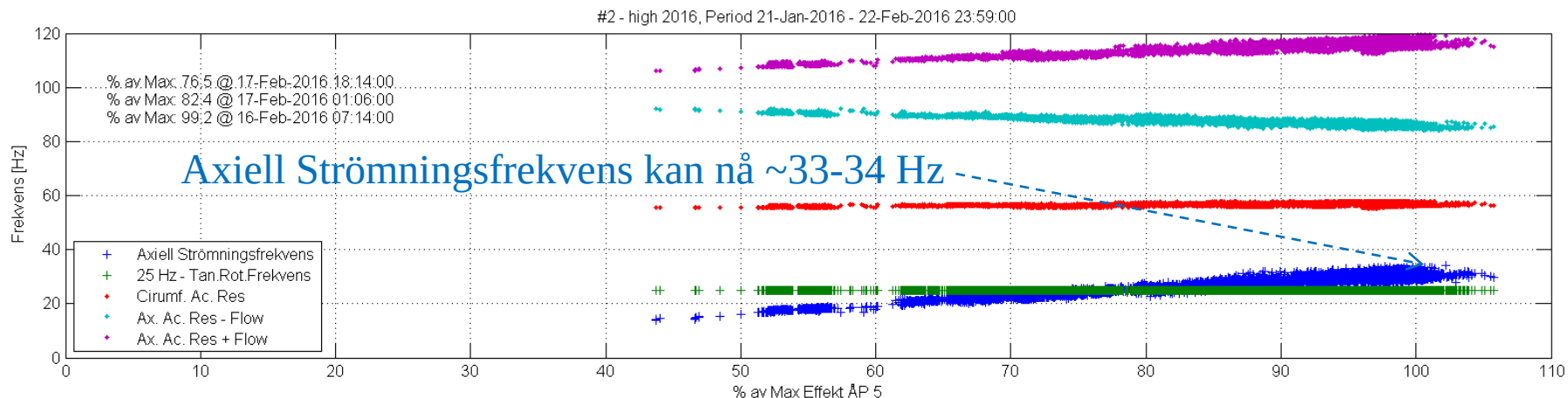
$$f_{flow} = U/d \text{ [Hz]}$$



Campbelldiagram rökgasfläkt

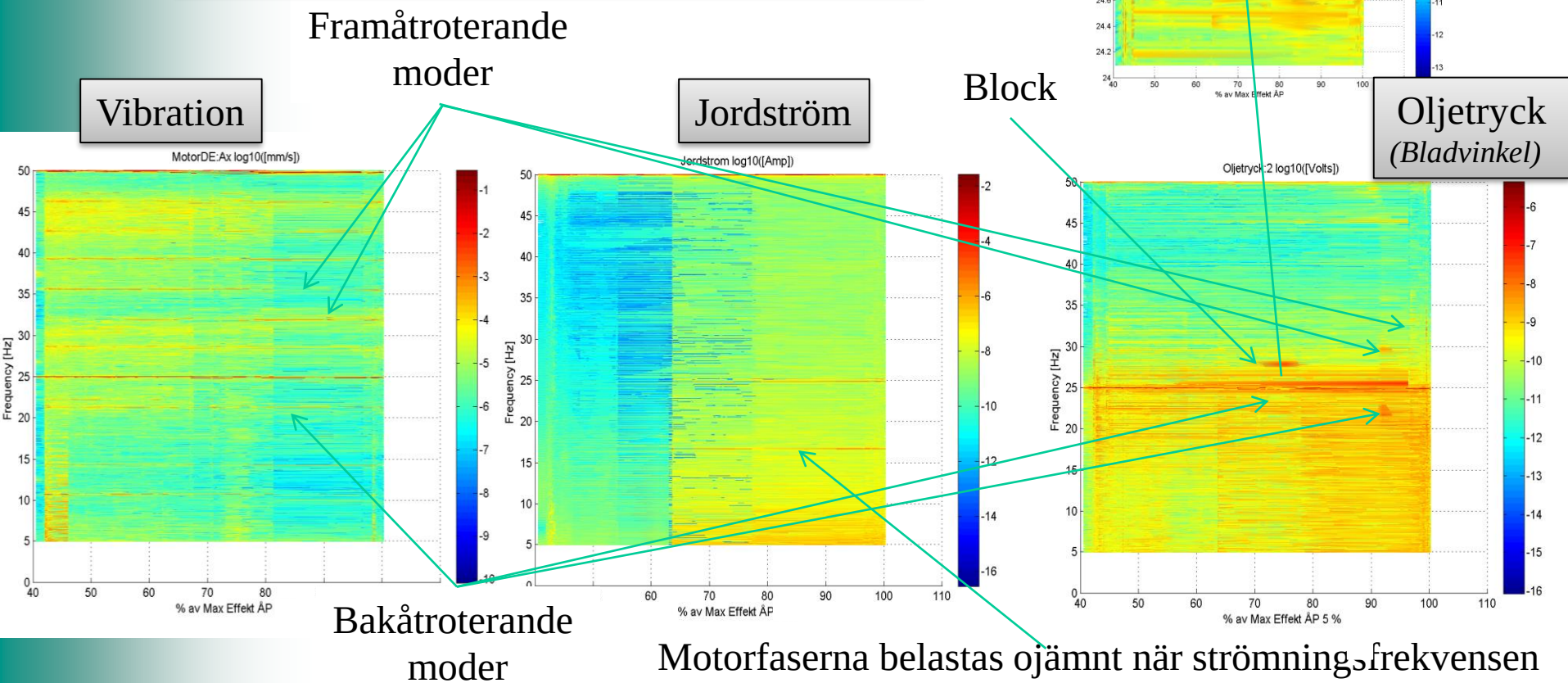


Rotor-dynamik



Egenskapskarta: *Frekvens - %Max Panneffekt*

Fläkten har renoverats efter mätningen,
men de flesta av dessa egenskaper består
och påverkar hur den bör köras



Motorfaserna belastas ojämnt när strömning-frekvensen
överstiger motorns rotationsfrekvens.

Gasturbin med lång skadelista

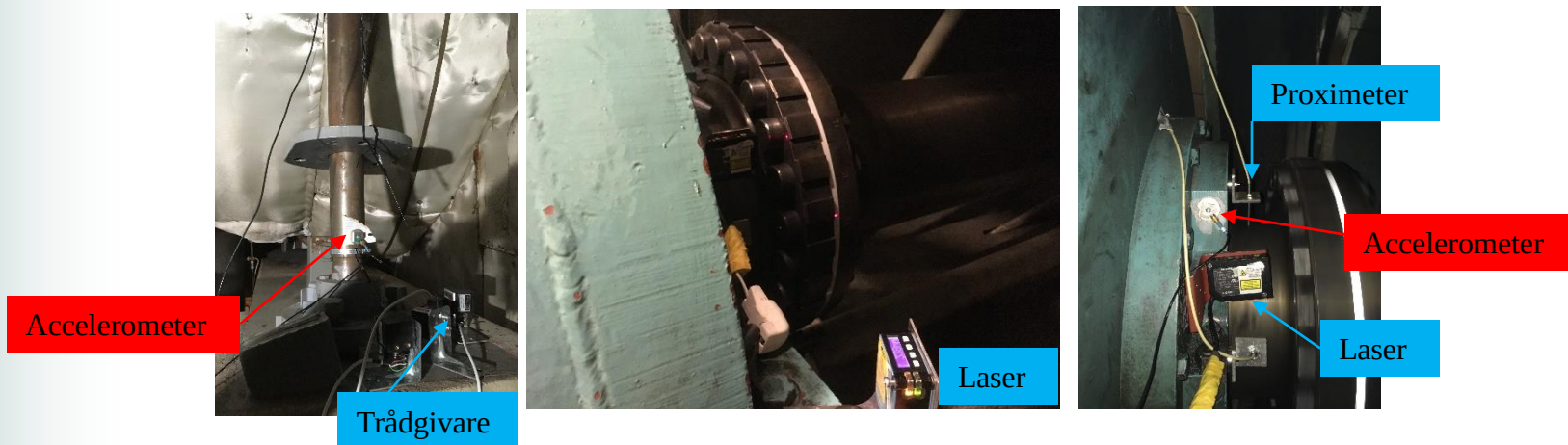
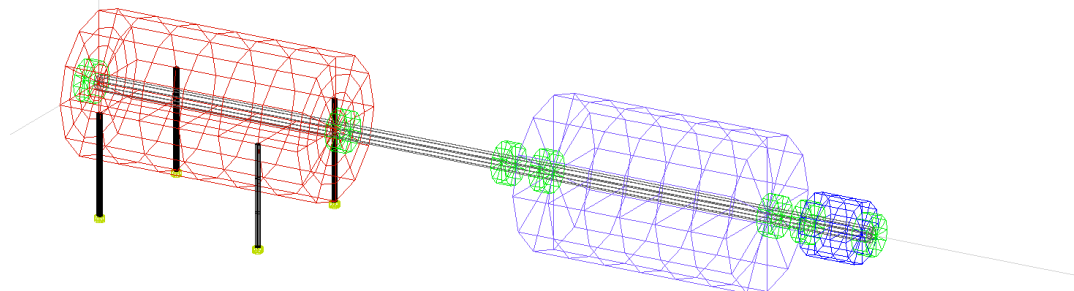
Märklig gasturbin

- Två identiska gasturbiner i samma byggnad
 - Lika gamla
 - Installerade tillsammans på 70-talet
 - Drifttagna tillsammans
 - En går utan anmärkning,
 - En har ständiga problem
- *Varför* beter de sig olika?

Tidigare arbeten

- *Felbild*
 - Vibrationer, som trippar maskinen
 - Trasiga tätningar
 - Onormal lagerförslitning
- *Vibrationsmätning*
 - Balansering
 - Uppriktning
 - Förstyvning
 - SSS-kopplingen har servats, men inga fel har upptäckts

Översikt: *Instrumentering*



Instrumentering för snabb/långsam rörelse

Triaxiella vibrationsgivare

Distanslasrar, Trådgivare & Proximetrar (B-givare)

Operational Deflection Shape

- **Vibrations ODS** (svängningsformsanimering)
 - Maskinen hoppade axiellt
 - Benen rör sig inte uniformt
 - Huset böjer i horisontell led
- **Statisk ODS**
 - Benen viker sig
 - Turbinaxeln rör sig axiellt.

Jämförande mätning av systemmaskinen *(den som alltid gått bra)*

Skillnaden är de axiella rörelserna

Slutsatser

*The proof of the pudding
lies in its eating.*

En **lösning** är en åtgärd
som kan implementeras
och som fungerar
i praktisk drift

- Det var *inte* problem med
 - SSS-kopplingen
 - Balanstillståndet
 - Uppriktningen
 - Generatoren
- Föreslagna åtgärder
 - Se till att allt som skall expandera, verkligen rör sig fritt.
 - Inspektera kraftturbinen för iskrap

Exempel: *Röntgenmaskin*

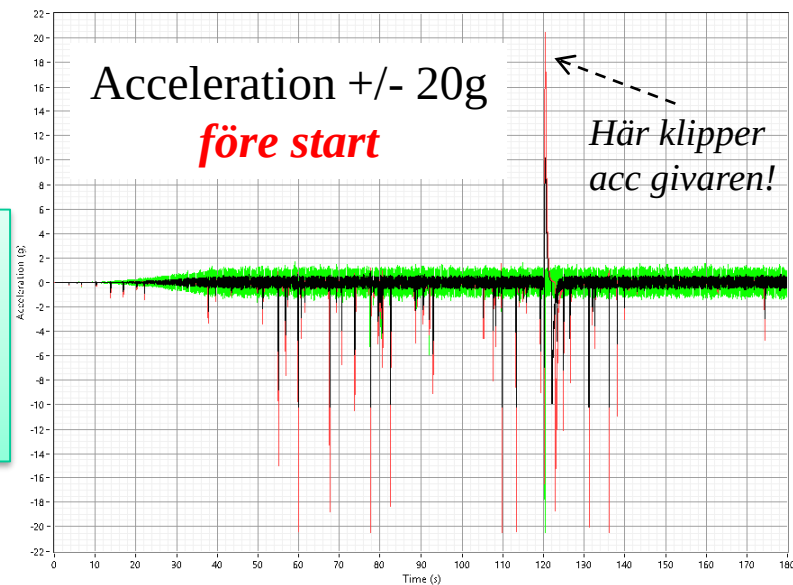
Vi diskuterar bara ett av flera fel

Problem & Mätning

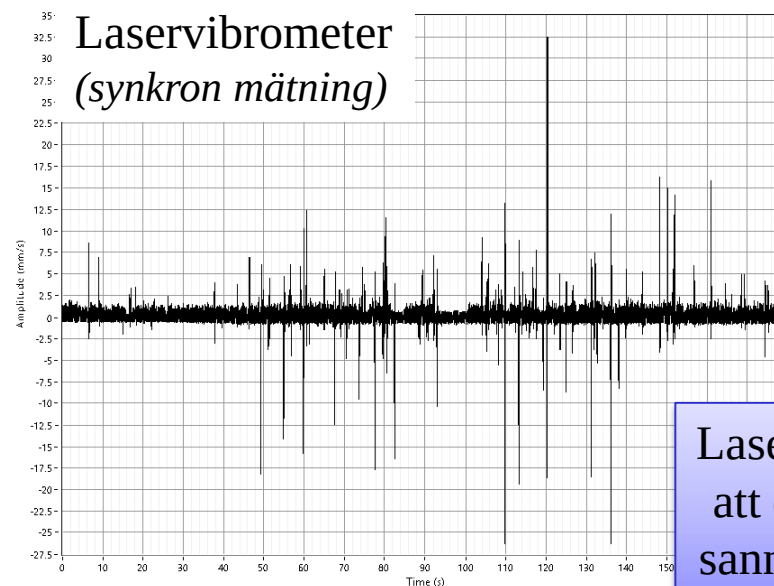
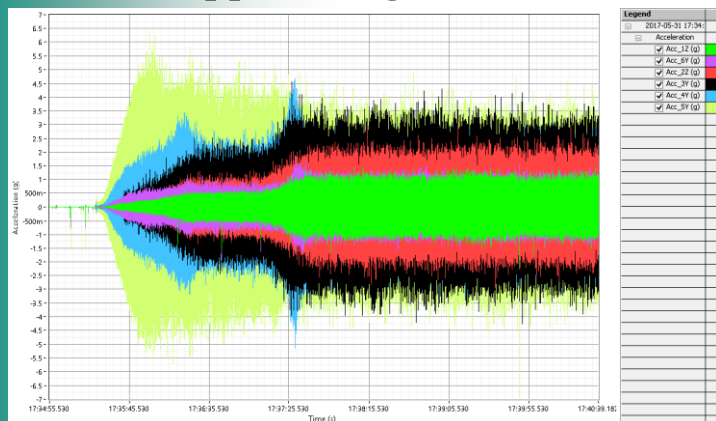
- Maskinen fungerar men,
 - Den fastnar ibland och går inte att starta
 - Handrotation mot rotationsriktningen gör att maskinen kan startas
 - Den låter konstigt.
- Mätning av
 - Vibrationer med accelerometrar och laservibrometer
 - Varvtal med optisk tachometer,
 - AC ström
 - Spänning med 2 kanaler 40 MHz oscilloscope.
- Analys av tidssignal och maskinordningar

QRING Upprullning

Märkliga accelerationsspikar under upprullning & före start för en av maskinerna.

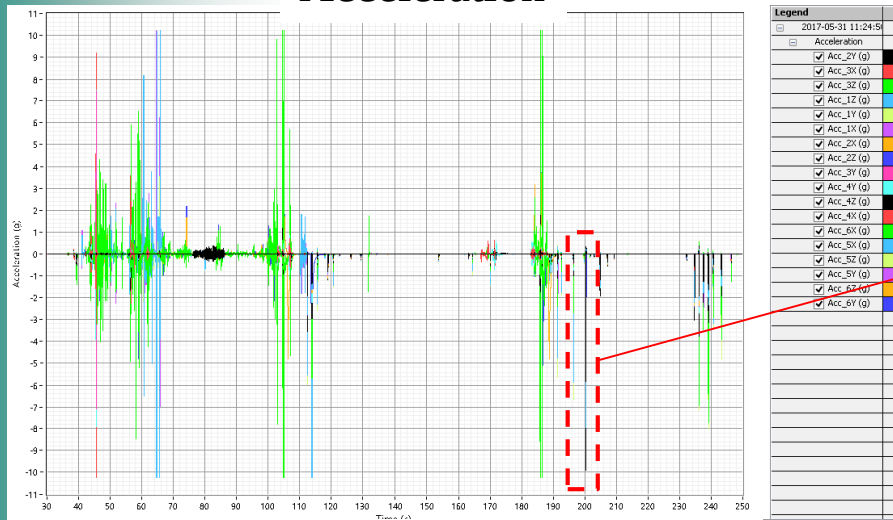


Acc@Upprullning för andra maskinen



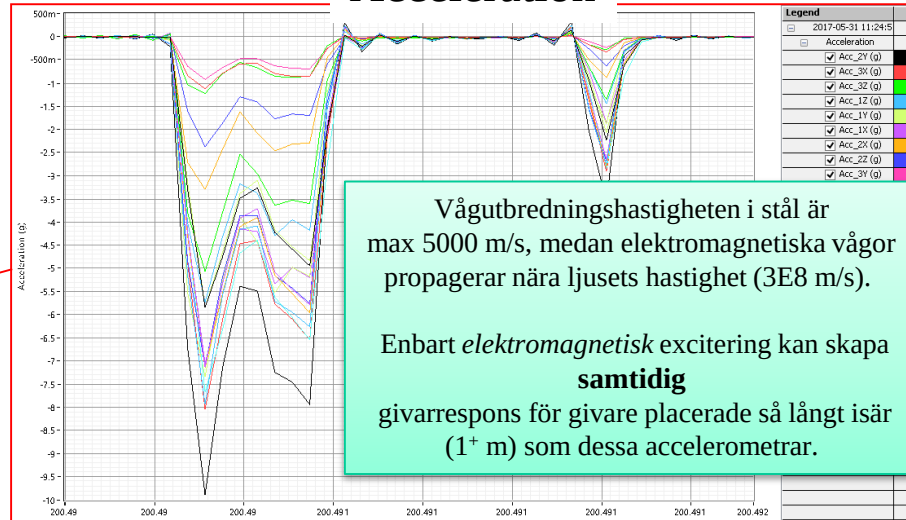
Lasern visar att detta är sann rörelse

Acceleration



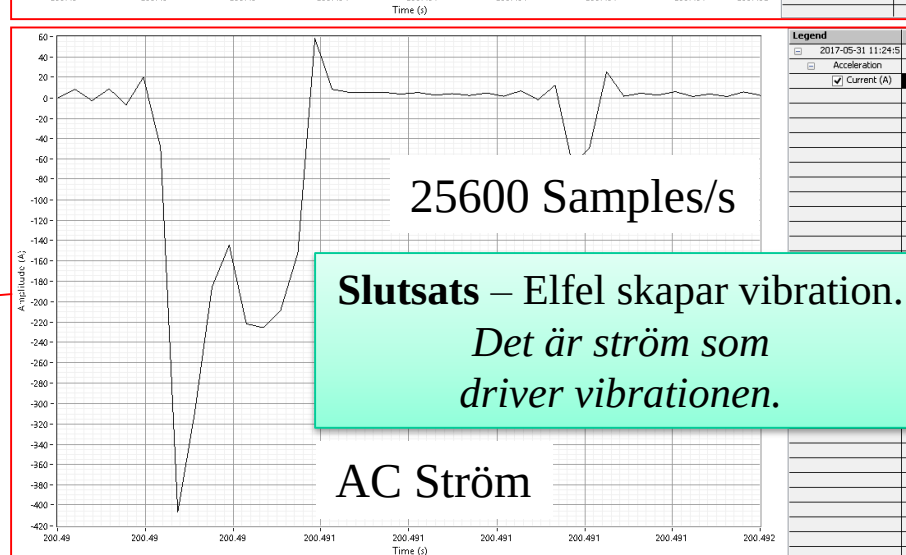
AC Ström mätt med Rogowskispole
mellan motor & FRO

Acceleration



Vågutbredningshastigheten i stål är
max 5000 m/s, medan elektromagnetiska vågor
propagerar nära ljusets hastighet (3E8 m/s).

Enbart *elektromagnetisk* excitering kan skapa
samtidig
givarrespons för givare placerade så långt isär
(1+ m) som dessa accelerometrar.



25600 Samples/s

Slutsats – Elfel skapar vibration.
*Det är ström som
driver vibrationen.*

AC Ström

Sammanfattning

- Arbeta med bred träffbild, dvs med hög observabilitet
 - Problem är dyra jämfört med kostnaden för mätning, dvs. snåla inte.
 - Använd så många kanaler/givare som är praktiskt möjligt.
 - Använd redan existerande mätsignaler.
 - Samla så mycket data som är praktiskt möjligt, dygnet runt så länge det är motiverat.
 - Använd kontrollrumsdata, tag reda på historik & lyssna på alla.
- Automatisk utvärdering
 - Utför mycket utvärdering och sälla i informationen.
 - *Vänd udda givarbeteende till din fördel.*

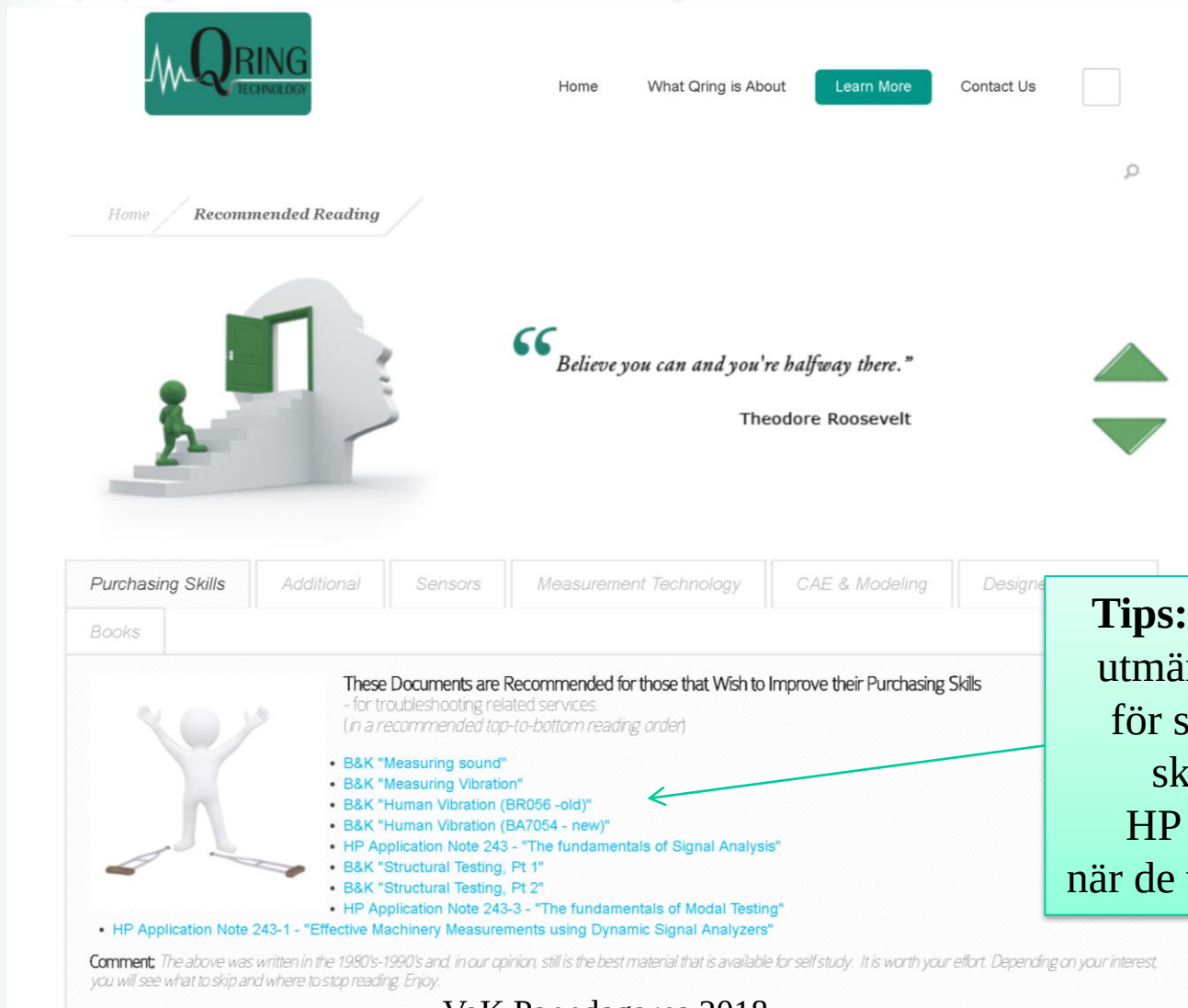


“Det onaturliga, också det är naturligt.”

Johann Wolfgang von Goethe

Learn More: *Recommended Reading*

<http://qringtech.com/learnmore/recommended-reading/>



Home What Qring is About **Learn More** Contact Us

Home / **Recommended Reading**

“Believe you can and you're halfway there.”

Theodore Roosevelt

Purchasing Skills Additional Sensors Measurement Technology CAE & Modeling Design

Books

These Documents are Recommended for those that Wish to Improve their Purchasing Skills
- for troubleshooting related services.
(in a recommended top-to-bottom reading order)

- B&K "Measuring sound"
- B&K "Measuring Vibration"
- B&K "Human Vibration (BR056 -old)"
- B&K "Human Vibration (BA7054 - new)"
- HP Application Note 243 - "The fundamentals of Signal Analysis"
- B&K "Structural Testing, Pt 1"
- B&K "Structural Testing, Pt 2"
- HP Application Note 243-3 - "The fundamentals of Modal Testing"
- HP Application Note 243-1 - "Effective Machinery Measurements using Dynamic Signal Analyzers"

Comment: The above was written in the 1980's-1990's and, in our opinion, still is the best material that is available for self study. It is worth your effort. Depending on your interest, you will see what to skip and where to stop reading. Enjoy.

Tips: Länkar till utmärkt material för självstudier skrivet av HP och B&K när de var som bäst.