

Kraft i rymden

Mikael Ekström

RUAG Space

18 May 2017

Together
ahead. **RUAG**

RUAG

in Key Figures

Innovation-
driven
international
technology
group

CHF 1.8
billion net
sales in 2016

5 divisions
on land, air
& space

63% sales
abroad
57% civil

8'700
employees
(end 2016)

Shareholder:
Swiss Con-
federation



RUAG

5 divisions on land, air & space

- **RUAG Space** is Europe's leading supplier of products for the space industry and has a growing presence in the United States as well
- **RUAG Aerostructures** is a global first-tier supplier in the aerostructure manufacturing segment for civil and military applications
- **RUAG Aviation** is a leading supplier, support provider and integrator of systems and components for civil and military aviation
- **RUAG Ammotec** is the European market leader in small-calibre ammunition, pyrotechnic elements and components
- **RUAG Defence** develops internationally sought-after technologies for armed forces, law enforcement and rescue and security organizations



**Together
ahead. RUAG**

RUAG Space

Leading
independent
European
supplier of
space
products

50 years
of heritage
in space

CHF 345
million
revenues in
2016

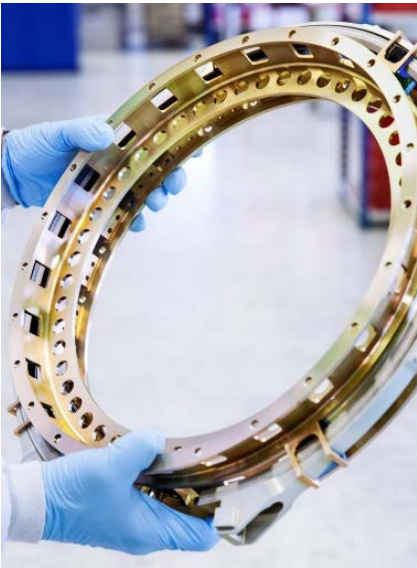
1250
employees

Headquarter
in Zurich,
Switzerland



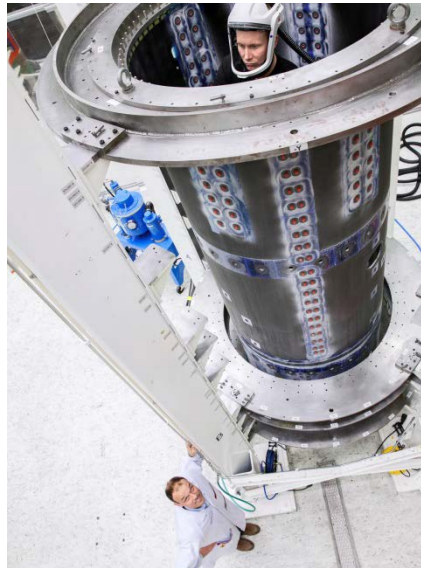
RUAG Space Products

Launcher Structures & Separation Systems



- Launcher Fairings & Structures
- Payload Adapters & Separation Systems
- Sounding Rocket Guidance

Satellite Structures, Mechanisms & Mechanical Equipment



- Satellite Structures
- Satellite Mechanisms
- Sliprings
- Mechanical Ground Support Equipment
- Thermal Systems

Digital Electronics for Satellites and Launchers



- Satellite & Launcher Computers
- Navigation Receivers & Signal Processing

Satellite Communication Equipment



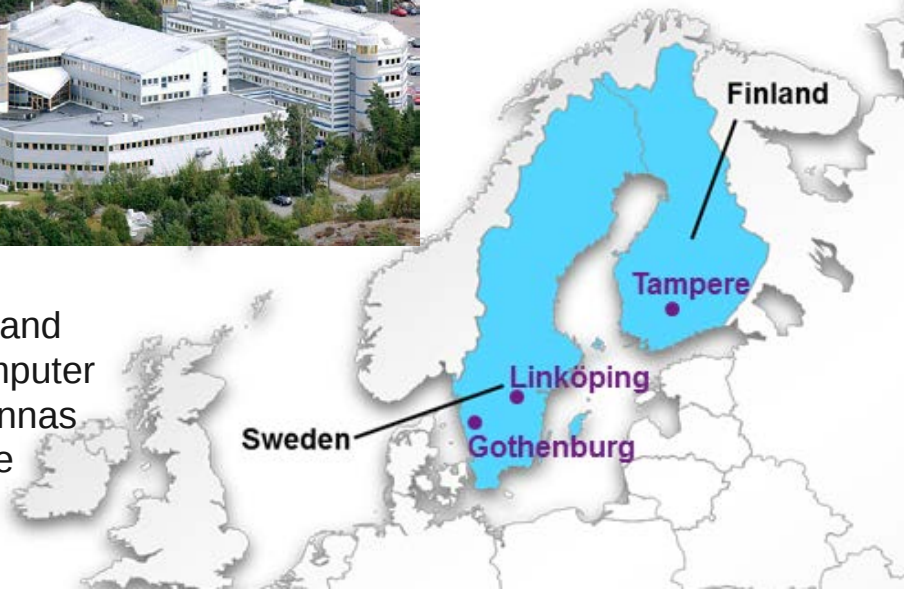
- Receivers & Converters
- Antennas

RUAG Space Sweden



Gothenburg

Headquarters and center for Computer systems, Antennas and Microwave Electronics



Tampere
Space electronics



Linköping
Mechanical systems

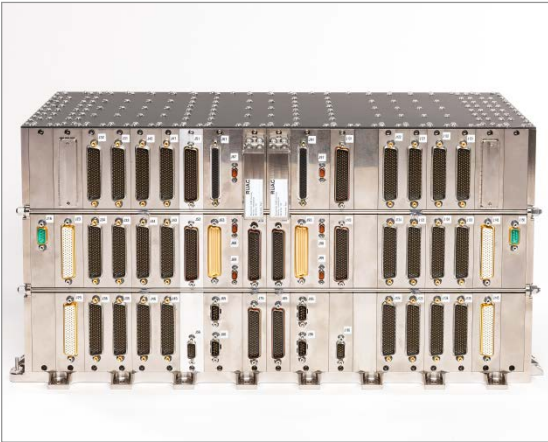
RUAG Space Sweden:

Sales (2016): 1029 MSEK (~109 MEUR, ~120 MUSD)

Employees (2016): 490 (Gothenburg 350, Linköping 100, Tampere 40)

**Together
ahead. RUAG**

Products



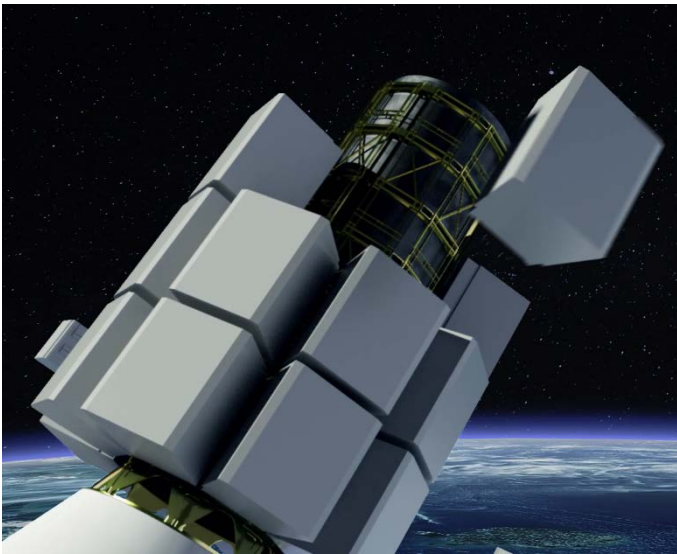
Computers & Data Handling Systems



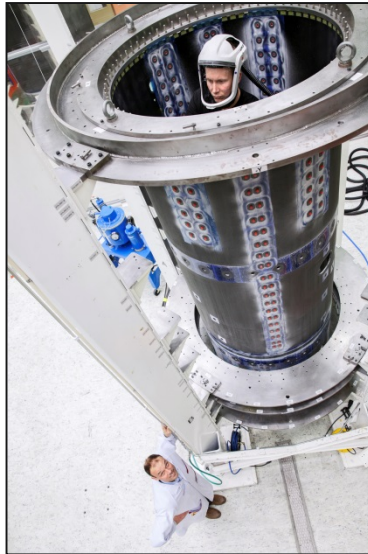
Frequency Converters & Receivers



Antennas



Dispensers



Satellite Structures



Guidance Systems



Adapters and Separation Systems

Electronics Production

- **Manufacturing**

- Multi Chip Module Technologies

- Surface Mount Technologies

- Plated Through Hole Technologies

- Electrical & Physical Testing

- Environmental testing:

- Thermal Vacuum

- Vibration

- EMC

- **Process Development**

- **Component Technology**

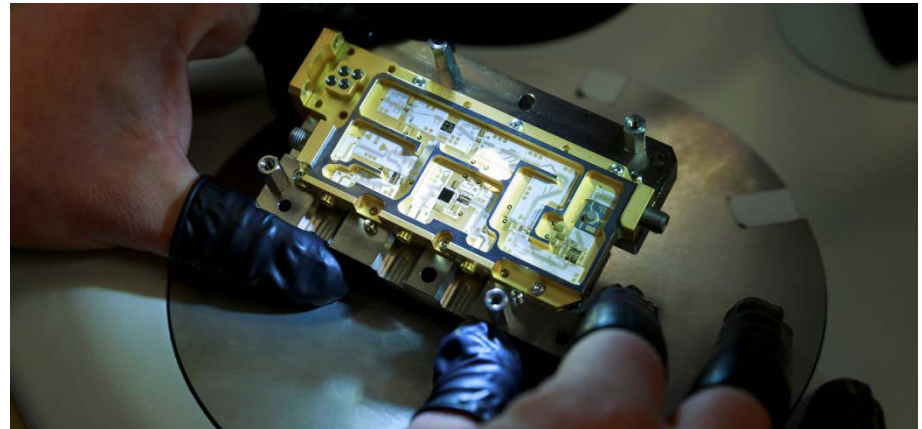
- **Procurement**

- **Analysis Laboratory**

- **Clean Room**

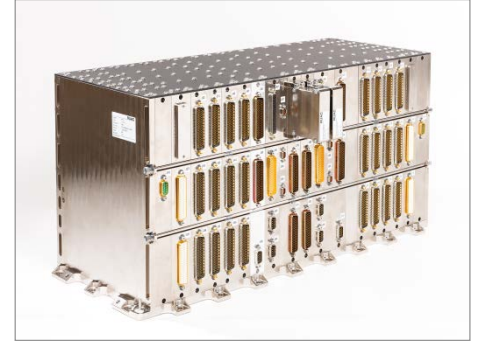
- 2 600 m2 ISO Class 8

- 100 m2 ISO Class 7



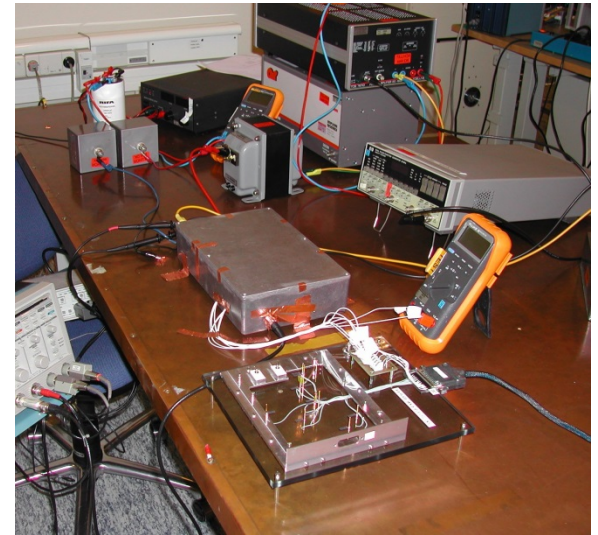
Kraft i rymden i många varianter

- Vi gör i huvudsak kraft till:
 - Datorer
 - Instrument
 - Mikrovågsutrustningar
 - Kundanpassade kraftlösningar
- Effekt: 1 – 400 W
- Antal utspänningar: 1 till mer än 20
- Utpänningar: 1.0 V till ca 50 V
- Inspänning: 5 V till 100 V DC
- Verkningsgrad: Upp till 94%
- Livslängd: Upp till 18 år i rymdmiljö
- Tillförlitlighet: Måste ofta fungera efter 1 fel.



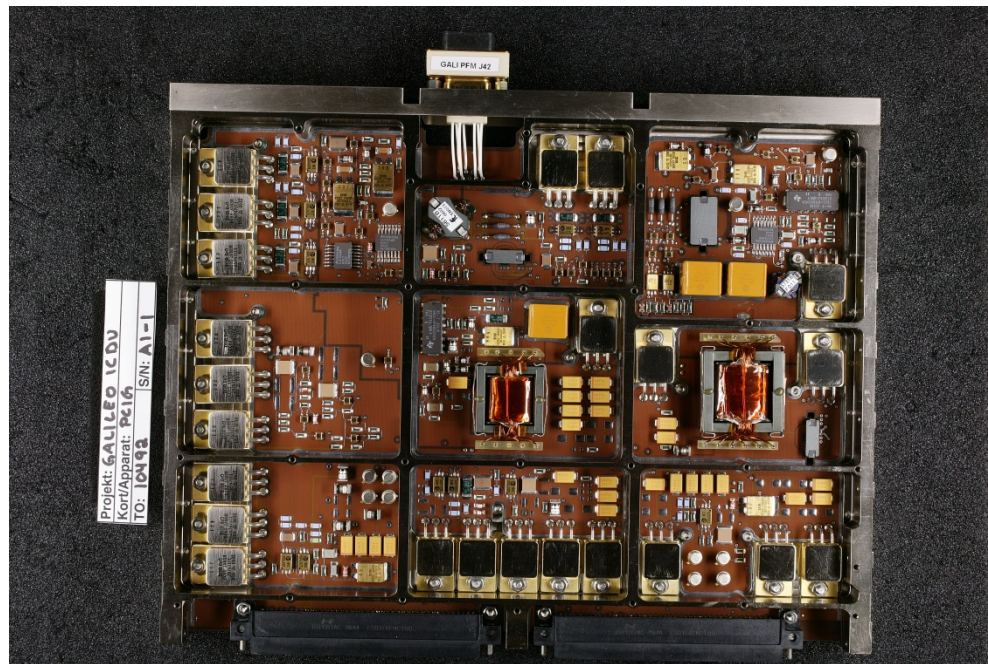
Speciella kraftutmaningar i rymden

- Utmanande miljö med vakuum, strålning, höga vibrationer m.m.
- Höga krav på tillförlitlighet
- Låga tillverkningsvolym, 1 till några hundra enheter
- Höga krav på dokumentation och analyser
- Begränsad tillgång till godkända komponenter
- Dyra komponenter (ex. 5000 kr för en MOSFET)



Miljö, vakuum och temperatur

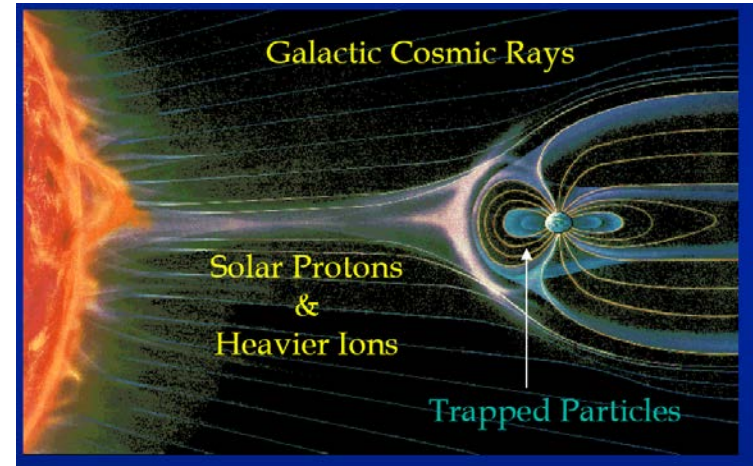
- Vakuum medför att all värme måste ledas bort från konstruktionen genom PCB och ram.
- Vissa material släpper ifrån sig gaser i vakuum som kan ge beläggningar på t.ex. optiska instrument.



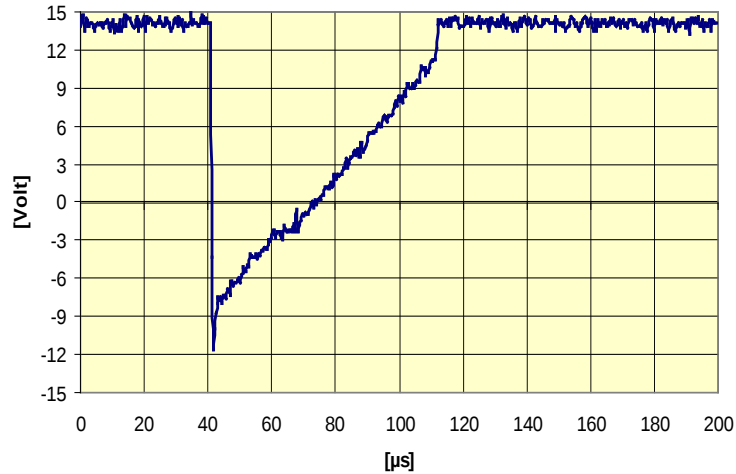
Data handling power converter

Miljö, strålning

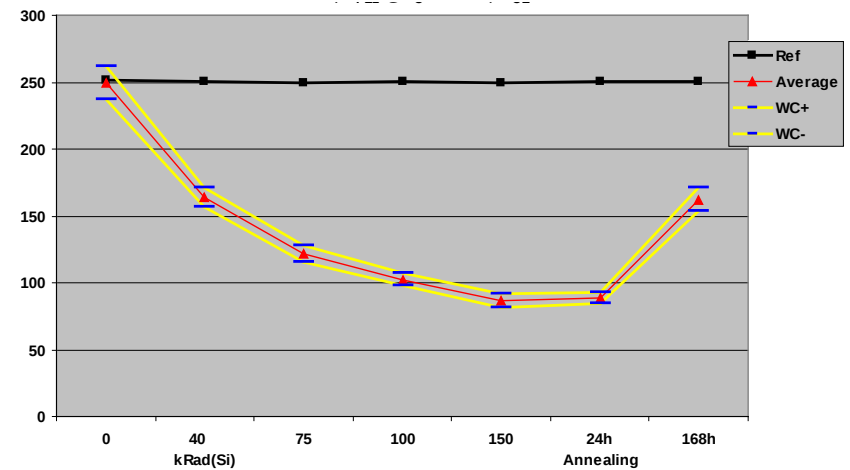
- Många komponenter är känsliga för radioaktiv strålning. Vi delar i huvudsak upp strålningseffekterna i 2 olika typer.
 - Totaldoseffekter: långsam påverkan på en komponent beroende på hur hög den totala stråldosen är.
 - Transienta effekter: partikel med hög energi träffar en känslig del av en komponent => tillfälliga/permanenta fel på komponenten.
 - Aktiva komponenter måste vara karakteriserade i strålning för att användas i rymdmiljö.
 - Köpa garanterat stråltåliga komponenter.
 - Köpa icke stråltestade komponenter och testa själva.
- => Höga kostnader + litet utbud av komponenter



Miljö, strålning fortsättning



Exempel på transient på utgången av en OP-amp p.g.a. en tung jon



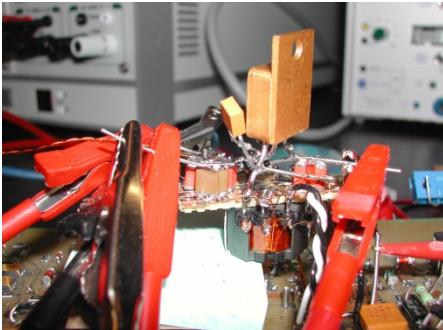
Exempel på minskning av HFE hos en bipolär transistor som funktion av stråldos

- För att få hög tillförlitlighet finns ofta krav på redundans och korskoppling för att bibehålla funktionen även efter ett komponentfel.



Låga tillverkningsvolymer

- Små serier medför att utvecklingskostnaden ofta är den dominanta kostnaden i ett projekt trots att komponentpriserna är väldigt höga.
- På grund av höga komponentkostnader även för prototyper håller vi ofta nere på antalet prototypkort så vi måste göra nästan rätt från början => Att det tar lång tid att få fram prototyperna.



- Vi har tagit fram en generell kraftkorttestare för produktionstest för att hålla ned kostnaderna.

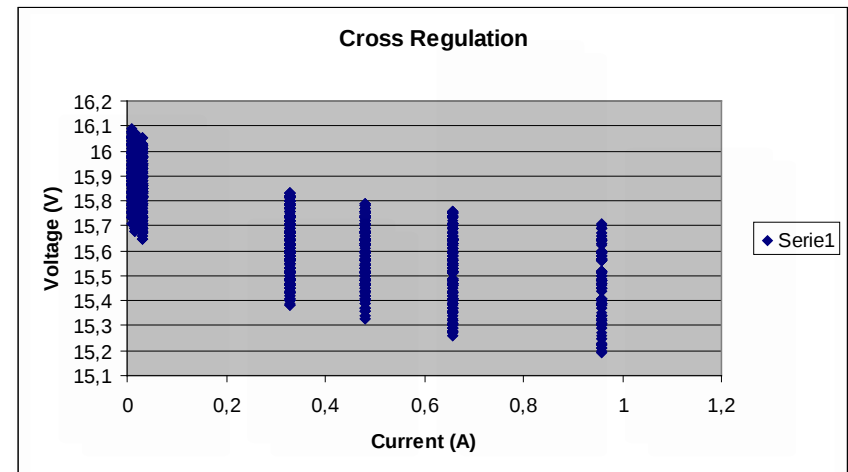
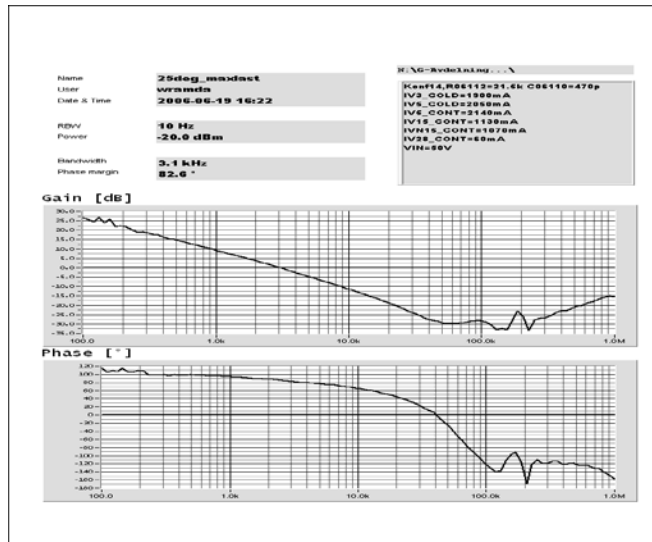


Analyser, exempel

- **Worst Case Analysis (WCA)**
 - Beräknar kritiska parametrar med toleranser för att säkerställa att allt kommer att fungera efter den krävda livstiden.
 - Analyserna baseras på en kombination av beräkningar, mätningar och simuleringar.
 - En av de mest tidskrävande delarna i designarbetet.
- **Parts Stress Analysis (PSA)**
 - Analysera att reglerna för “derating” uppfylls för alla komponenter.
- **Failure Modes Effects and Criticality Analysis (FMECA)**
 - Analyserar vad som händer med systemet vid ett fel på en komponent.
- **Reliability Analysis**
 - Beräkning av sannolikheten för fel på en komponent.
- **Radiation Analysis**
 - Analys av att konstruktionen klarar strålningsmiljön som konstruktionen kan utsättas för.

Egenutvecklade analysverktyg

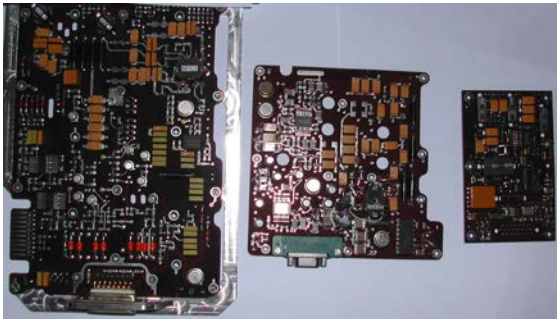
- Cross regulation tool
- Labview for CS
- Labview for CE
- Labview for control loop measurements
- PSA-tool



Cross regulation data above based on 3000 automatic measurements varying all output currents from different outputs, line voltages, switching frequency and temperature to cover all permutations in any application...

Utmaningar: Billigare, Mindre, Bättre!

- Billigare men större volymer är troligen en del av framtiden.
 - Komponentkostnaden måste ner. Mer “kommersiella” komponenter även i rymdkonstruktioner. Vi har börjat titta på “Automotive”-klassade komponenter.
 - Konstruktionstiden måste ner för att sänka kostnaden. Vi måste bli snabbare på att få fram prototyper.
 - Fler färdiga block.
- Mindre. Även satelliter blir mindre eller vill få mer funktioner.
 - Nya komponenter med mindre kapslar.
 - Verkningsgraden måste bli högre då den kylande ytan minskar.



Tre generationers kraft för mirovågsapplikationer.