



Model Based Design of an Electro-Dynamic Energy Harvester for Wireless Sensor Nodes

Dr. Stefan Dierneder
Linz Center of Mechatronics GmbH



Agenda

- **LCM – Das Unternehmen**
 - Österreichs Nr. 1 in der angewandten Mechatronikforschung
 - Leistungen, Tätigkeitsschwerpunkte inkl. ausgewählter Projektbeispiele
- **Model Based Design of an Electro Dynamic Energy Harvester**
 - Motivation zur Entwicklung des Energy Harvesters
 - Entwicklungsansatz – Warum „Model-Based“?
 - Verwendete bzw. betrachtete Modelle
 - Demonstratoren & Prototypen
- **Zusammenfassung & Resümee**



Science Park
Johannes Kepler Universität Linz



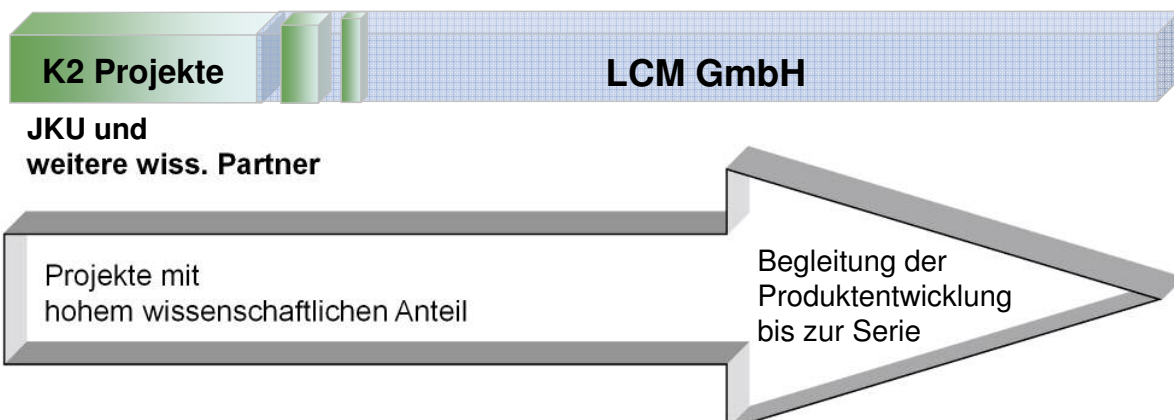
Das Unternehmen

- F&E Projekte und **Dienstleistungen** von der **angewandten Grundlagenforschung** bis zum **fertigem Produkt**
- 80 Mitarbeiter bearbeiten Projekte für unsere Kunden – vom **kleinen Unternehmen** bis zum **internationalen Konzern**
- **Entwicklung integrierter, maßgeschneiderter Lösungen und Systeme**
- **Angewandte Grundlagenforschung im Rahmen einer FFG COMET K2 Projektschiene;**
Im Rahmen dieser K2 Projekte:
Internationale Vernetzung mit mehr als 35 Universitäten und Forschungseinrichtungen



LCM – Das Unternehmen

- Zugang zu **neuesten Erkenntnissen aus der Grundlagenforschung** durch unsere **integrierte COMET K2 Projektschiene**

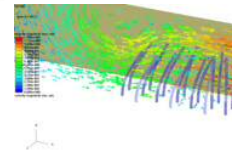
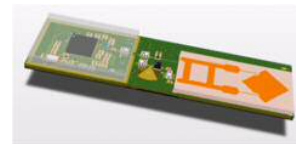
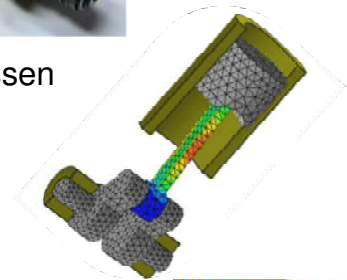
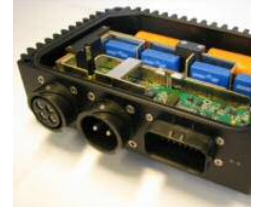


Von der Grundlagen- und grundlagennahen Forschung bis hin zum fertigen Produkt



Kompetenzschwerpunkte

- Gesamtgeräteentwicklung
- Elektrische Antriebstechnik, Magnetlager und Leistungselektronik
- Hydraulische Antriebstechnik, digitale Schaltventile, Ventil-Prüftechnik
- Modellierung und Simulation von Gesamtsystemen, Komponenten, Bauteilen und Prozessen
- Regelungstechnik & Systemautomatisierung
- Sensorik & (Funk-)Kommunikation
- Fehlerfrüherkennung in Anlagen und Maschinen
- Rapid Prototyping
- Softwareentwicklung



Model Based Design of an Electro-Dynamic Energy Harvester for Wireless Sensor Nodes

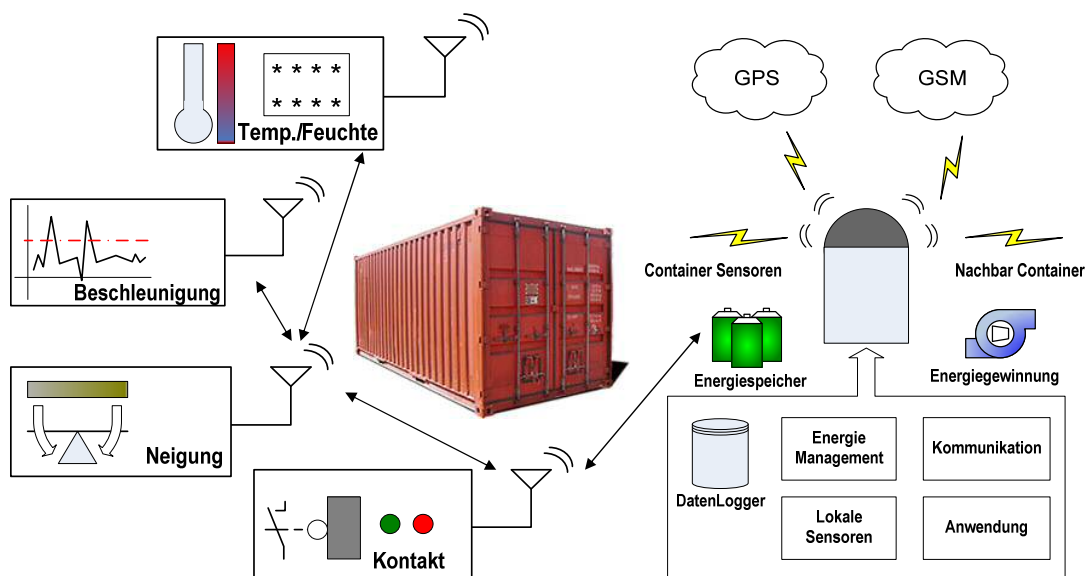


Motivation zur Entwicklung des Energy Harvesters

- Energie-autarker Betrieb des Sensornetzwerkes
D.h. auch ohne Batterien bzw. Akkus, die von Zeit zu Zeit von einer externen Stromquelle geladen werden müssen.
- Betrieb von "Wireless-Sensor-Nodes" in rauher Umgebung
D.h. vollkommene hermetische Einhausung zum Schutz vor Staub bzw. für den Betrieb in chemischer Umgebung, ...
- Nutzung vorhandener Umgebungsbedingungen und -einflüsse
D.h. Schwingungen, Luftströmung, Solar, Temperatureffekte, ...
- Projektvorhaben: Positions- und Güterverfolgung von Transportcontainern
FIT-IT FFG Projekt "WCMS - Wireless Container Monitoring System"



WCMS - Wireless Cargo Monitoring System





Model-Based-Ansatz – Warum?

➤ Mechatronisches System

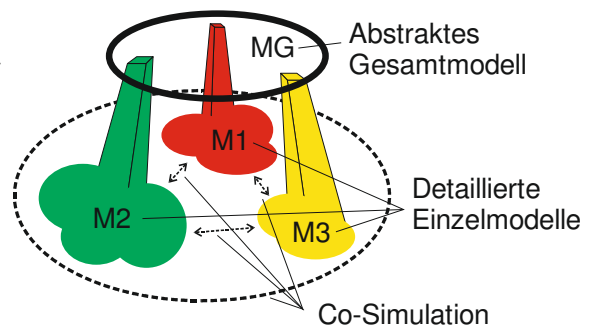
Funktionale Interaktion: Mechanik – Elektrotechnik – Elektronik – ICT – Sensorik – weitere physikalische Prinzipien je nach Konzept (Wärmelehre, Strömungsdynamik, Chemie, ...)

Räumliche Integration: Bildung einer kompakten autarken Messeinheit

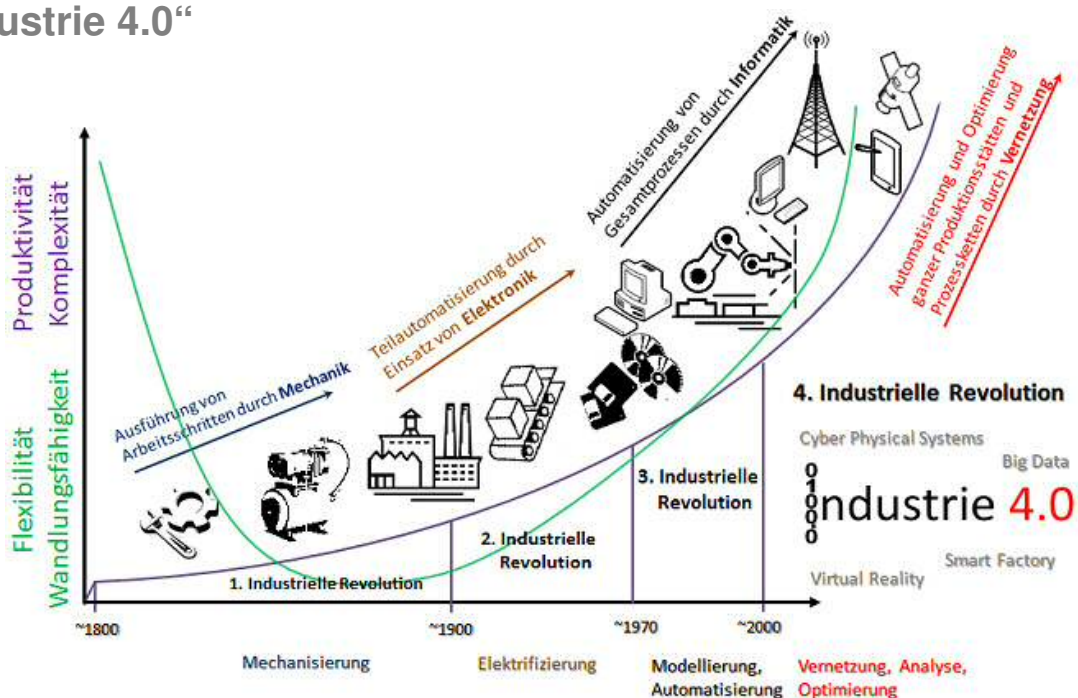
➤ Grad/Art der Modellierung?

Abstraktes Gesamt- bzw. Teilsystem
versus
Co-Simulation von Detailmodellen

➤ Stichwort: Systems Engineering



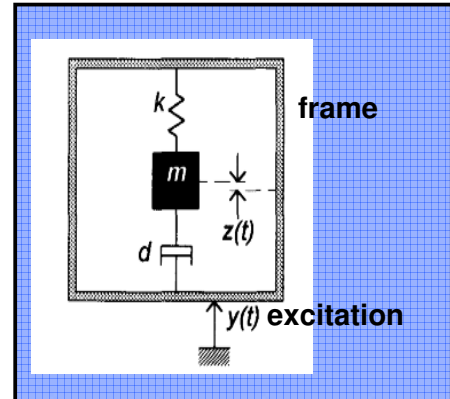
„Industrie 4.0“





Modellhierarchie – Abstrakte Modelle

- Abstrakte (einfache) Modelle zum Energy Harvester
 - Analytische Abschätzung der Leistungsflusses
 - Erstbetrachtung der Magnetkreis & Geometrie
 - Parameterstudie auf Basis ausgewählter Führungsparameter
 - Vereinfachter Zugang über Haupteigenfrequenz (einfacher Feder-Masse-Schwinger)
 - Vereinfachtes Power-Management



N.G. Stephen

“On energy harvesting from ambient vibration”

$$P_{flow} = \frac{m \cdot \omega_n^3 \cdot Y \cdot Z_{max}}{2}$$

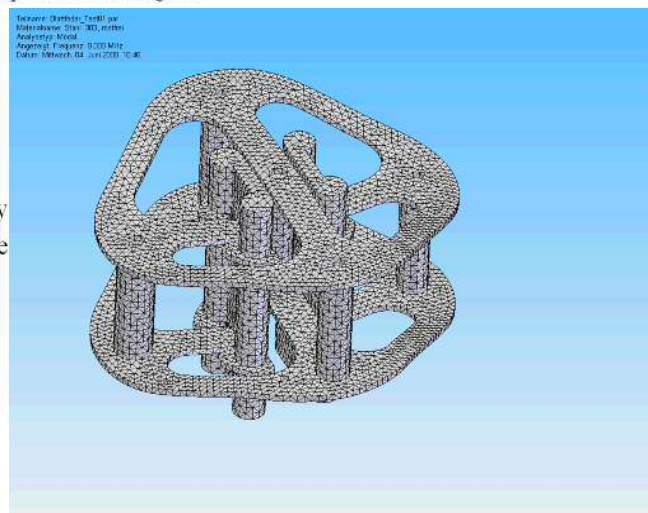
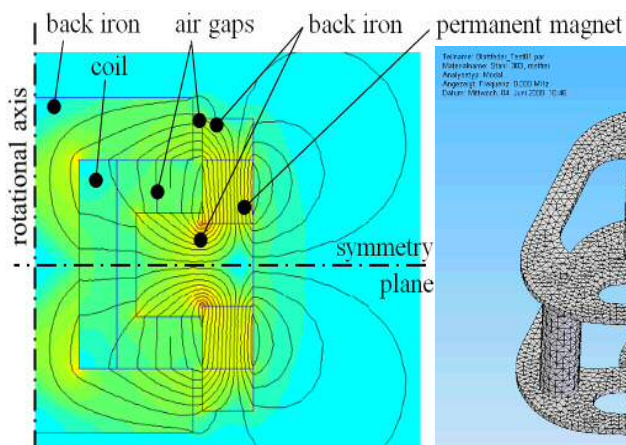
Y ... Erregungsamplitude, ω_n ... Resonanzfrequenz, Z_{max} ... Max. innere Auslenkung

m ... Bewegte Masse
k ... Federkonstante
d ... Dämpfungskoeffizient
z(t) ... relative zeitl. Auslenkung



Modellhierarchie – Detailmodelle

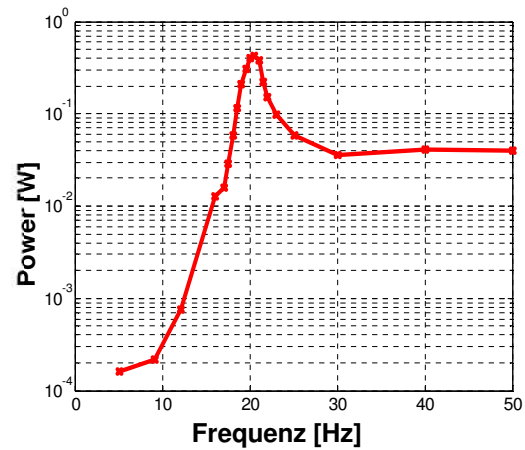
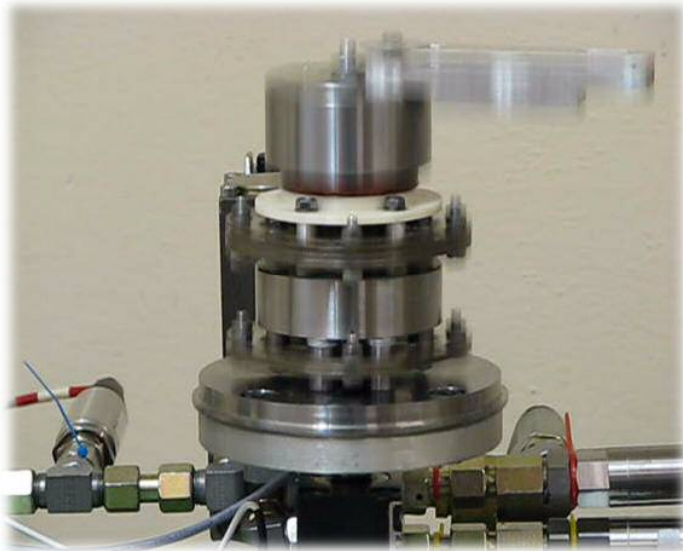
- Detailmodelle zum Energy Harvester
 - Führungssystem
 - Magnetkreis Transformer
 - Detailbetrachtung & Aufnahme des Frequenzgangs
 - Detailbetrachtung der Leistungsaufnahmen



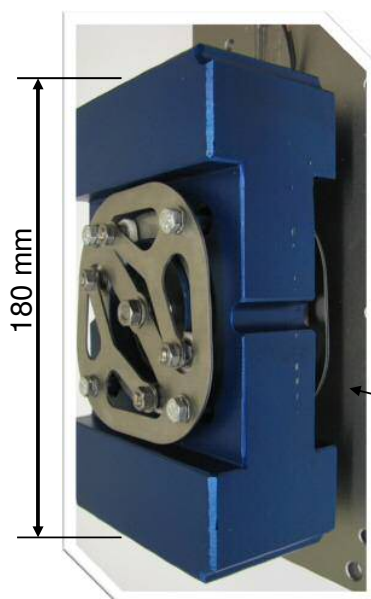


Prototyp 1 zur Verifikation des Leistungsoutputs

Aufbau auf hydraulischer Schwingeinheit: Frequenzbereich 5-50 Hz
Erregeramplitude $Y=0.25$ mm

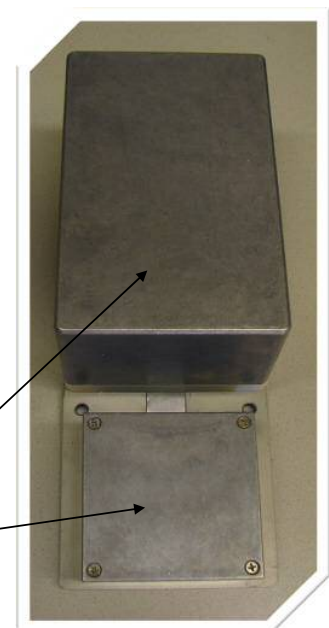


Transformer II (Systemanpassung an Containertransport)



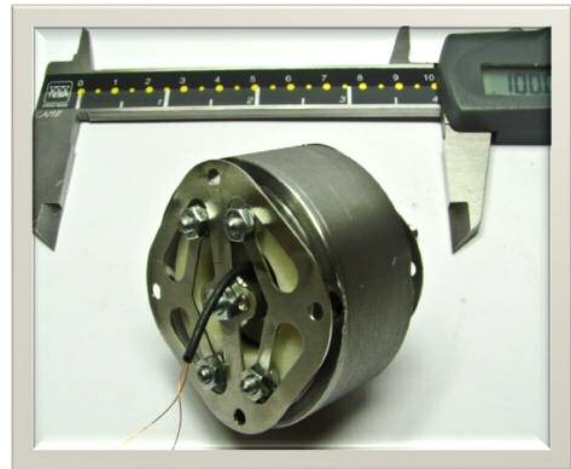
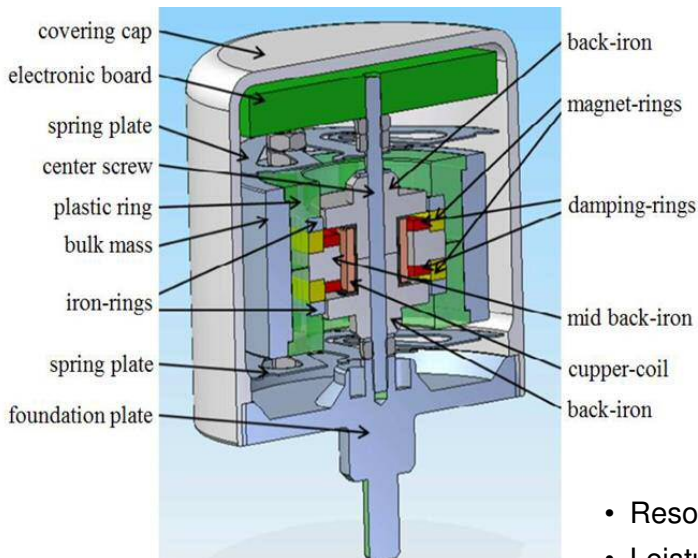
- Designanpassung an Containerwand (200 x 100 x 90 mm³)
- Schwingmasse 5.5 kg
- Max. innere Auslenkung 6.5 mm
- Elektrischer Wirkungsgrad > 85%
- Leistungsoutput > 1 J/km

Transformer
Energiemanagement & Sensorik





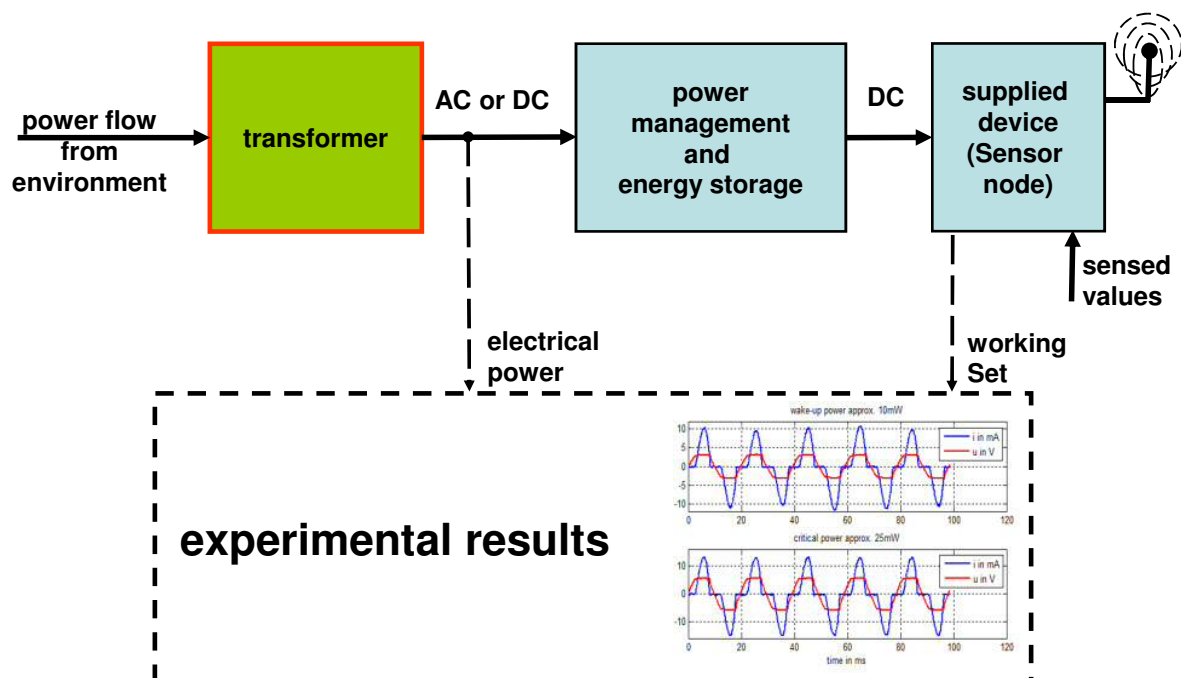
Energy Harvester III mit integrierter Sensorik, Funk-Kommunikation und Energie-Management



- Resonanzfrequenz: 50Hz (bis 130Hz anhebbar)
- Leistungoutput: bis 200mW
- Masse: 100g
- Außenabmessungen: DM=50mm, h=55mm



Modell & Test Energiemanagement





System im Einsatz zur Überwachung von Systemschwingungen



Zusammenfassung

- Model-Based-Design-Zugang mit Bezug zur Entwicklung eines Energy Harvesters für einen Wireless-Sensorknoten wurde präsentiert
- Differenzierung & Bedeutung von abstrakten Modellen versus Detailmodelle
- Die entwickelten Prototypen vom ersten Funktionsdemostrator (Typ I) und dessen Leistungstests an einem Hydraulikshaker bis hin zum vollkommen eingehausten, autarken Wireless-Sensorknoten mit dem Energy Harvester (Typ III) wurden gezeigt.
- Die Bedeutung von Model-Based sowohl für Mechatronische Systeme, als auch in Bezug auf "Industrie 4.0", "Smart Factory" und "Internet der Dinge" wurde diskutiert.



Dipl.-Ing. Dr. techn. Stefan DIERNEDER

Leitung „Mechatronisches Design & Prozess-Simulation“

stefan.dierneder@lcm.at

Tel: +43 (0)732 2468-6030

Linz Center of Mechatronics GmbH

Science Park, Johannes Kepler Universität Linz

Altenberger Straße 69, 4040 Linz, Austria

Tel: +43 (0)732 2468-6002 und -6003

Fax: +43 (0)732 2468-6005

<http://www.lcm.at>

office@lcm.at

