

# »Green ICT @ FMD« – Kompetenzzentrum für eine ressourcenbewusste Informations- und Kommunikationstechnik

---

### Projektpartner

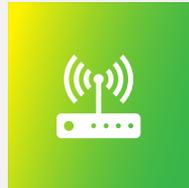
Alle 13 Institute der



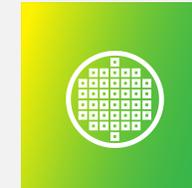
### Technologie-Hubs



Sensor-Edge-Cloud



Kommunikationsinfrastrukturen



Elektronikproduktion

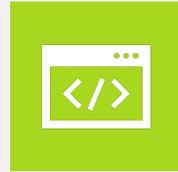
### Ergänzende Aktivitäten



Green ICT Camps



Green ICT Award



Open-Plattform



Green ICT Space



Weiterbildung

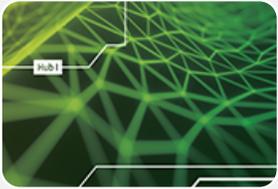


Green ICT Connect



Begleitforschung

### Hub 1: Sensor-Edge-Cloud Systeme



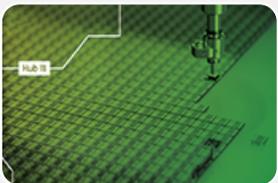
- Eingebettete grüne KI
- Energieautarke IoT-Sensorknoten
- Multi-Sensor-Plattform
- Grüne Edge-Computing- und Edge-Cloud-Systeme

### Hub 2: Energiesparende Kommunikationsinfrastrukturen



- 5G Testumgebung
- Drahtloses X-haul-Netzwerk
- Optisches X-haul-Netz

### Hub 3: Ressourcenoptimierte Mikroelektronik-Produktion



- Prozessierung
- Reinrauminfrastruktur
- Energieoptimierung
- Back-End-Technologien
- Materialreduktion und -ersatz

### Projektziele

- Bündelung des **Umweltfachwissens der FMD im Bereich der IKT** im Kompetenzzentrum Green ICT @ FMD
- Bereitstellung einer **zentralen Anlaufstelle** für industrielle Anwender, um Antworten auf Fragen zu erhalten zu
  - ressourcenschonende Mikroelektronik/MEMS-Fertigungsprozesse
  - Energieverbrauchsoptimierte Sensor-Edge-Cloud-Systeme und Kommunikationsnetze
  - Ökobilanzierung und Umweltverträglichkeit bestehender Produkte und Prozesse
  - Neueste und kommende Regulierungen sowie die Definition von Normen und Standards für IKT-Produkte und –Prozesse
- **Ausbildung und Motivation** von Studierenden, jungen Fachkräften und Angestellten zu Green ICT relevanten Themen
- **Aufbau einer Community** mit relevanten Stakeholdern im Bereich der grünen IKT

## 3 Technologie Hubs – Zwei Möglichkeiten zur Kooperation

### Hub 1: Sensor-Edge-Cloud Systeme



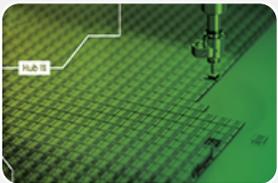
- Eingebettete grüne KI
- Energieautarke IoT-Sensorknoten
- Multi-Sensor-Plattform
- Grüne Edge-Computing- und Edge-Cloud-Systeme

### Hub 2: Energiesparende Kommunikationsinfrastrukturen



- 5G Testumgebung
- Drahtloses X-haul-Netzwerk
- Optisches X-haul-Netz

### Hub 3: Ressourcenoptimierte Mikroelektronik-Produktion



- Prozessierung
- Reinrauminfrastruktur
- Energieoptimierung
- Back-End-Technologien
- Materialreduktion und -ersatz

### Industrielle User-Groups

- Definieren Sie gemeinsam mit unseren Experten die wichtigsten technologischen Themen
- Partizipieren Sie an den neuesten Erkenntnissen, Daten und Prozessoptimierungen
- Vernetzen Sie sich mit anderen Stakeholdern Ihrer Branche
- Profitieren Sie von unserem Expertenwissen zur Energie- und Ressourcenoptimierung von IKT Produkten und Prozessen

### Validierungsprojekte

- Nutzen Sie unsere Testumgebungen und die Reinrauminfrastruktur
- Passen Sie modernes »grünes« Wissen an Ihr IKT-Produkt oder Ihren Prozess an
  - Gewinnen Sie Know-how über den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck Ihres IKT-Produkts oder des Herstellungsprozesses
- Sparen Sie Kosten durch die 100%ige Finanzierung der genutzten FMD-Dienstleistungen

### Möglichkeiten

- Partizipation an der fachlichen und technischen Ausrichtung der Hubs
- Kooperative Definition möglicher Themenkomplexe

### Mehrwert

- Zugang zu maßgeschneiderter Datenerhebung für konkrete Green-ICT-relevante Fragestellungen
- Feedback zum Vorgehen in den Hubs und zu Anforderungen bezüglich erforderlicher Unterstützung durch das Kompetenzzentrum
- Beteiligungsmöglichkeit an konkreten Umsetzungsprojekten
- Direkte Beteiligung am Green-ICT-Netzwerk und dadurch Zugang zu vielen Playern aus der Branche

### Validierungsprojekte

- Nutzung von Testlaboren inkl. Knowhow und Equipment
- Bereits evaluierte Testballons können genutzt werden, um das eigene Marktpotential zu vergleichen
- Interdisziplinäre Expertise (auf technischer Umsetzungsebene und zur Ökobilanzierung)
- Unbürokratischer und schneller Zugang zu Ergebnissen
- Gezielte Hilfestellung und Ergebnisermittlung basierend auf bereits vorevaluierten Themen
- Kostenlose Teilnahme durch 100% Förderung der erbrachten Leistungen

Mehr zu den User Groups und Validierungsprojekten [hier](#)

# Prozess Validierungsprojekte

## Nachhaltigkeits-Booster für Ihr Produkt



### Vorgehensweise nach Freigabe des Projekts durch den Steuerkreis

#### Projektdefinition

- Technischer Input des Industriepartners
- Gemeinsame Festlegung des Projektziels
- Klärung der Rahmenbedingungen (Zeitplan, Beiträge Industriepartner, Definition der Informationen und Ergebnisse zur Veröffentlichung)

#### Projektdurchführung

- Durchführung der Untersuchungen
- regelmäßige Abstimmungen mit dem Industriepartner

#### Projektabschluss

- Dokumentation der Ergebnisse in einem Whitepaper
- Veröffentlichung der (Teil-)Ergebnisse nach Absprache mit dem Industriepartner

### Zwei Validierungsprojekte mit der Industrie gestartet

- Use Case **Metering** → TF2 **Energieautarke IoT Sensorknoten** als Treiber

Wirkung unterschiedlicher Drahtloskommunikations- und Energieversorgungssysteme auf die CO<sub>2</sub> Bilanz einer Metering Lösung

- Use Case **Condition Monitoring** → TF1 **Embedded Green AI** als Treiber

Vergleich der Umweltbilanz unterschiedlicher embedded KI-Hardware-Module für das Condition Monitoring in Werkzeugmaschinen

Zwei weitere Validierungsprojekte befinden sich aktuell in der Bewerbungsphase (maßgeblich TF3 **Green Multisensor Plattform**)

**Projektdauer 3-6 Monate je nach Abstimmung mit Industriepartner**

# Leistungsspektrum Hub 1: Sensor-Edge-Cloud

Produkte und Prozesse ökologisch gestalten – was wir für sie tun können

## Technologiefeld

## Technologische Angebote

## Angebote zur Ökobilanzierung Umwelt-Potentialanalyse



### Embedded Green KI

- ◀ Datenbank mit Basisdaten für die Ökobilanzierung von KI-Hardware
- ◀ Automatisierte Energiebewertung von Hardware- (Mikrocontroller, Applikationsprozessor, Neuromorph)
- ◀ Software Kombinationen für KI-Modelle

- ◀ Vergleich Energieverbrauch der kunden-spezifischen KI-Lösung auf verschiedenen HW-Plattformen
- ◀ Optimierungspotentiale auf Hard- wie **Software-** Ebene erarbeiten und realisieren



### Energie autarke IoT Sensorknoten

- ◀ Analyse und Optimierung des Energieverbrauchs und Auswahl der Komponenten der eingebetteten Sensorlösung
- ◀ Konzepte für die Energieversorgung (z. B. mit Energie Harvester)
- ◀ Implementierung des IoT Sensorknotens

- ◀ Charakterisierung der Energieeffizienz
- ◀ Carbon Footprint Bewertung (Material/Produktion, in Betrieb)
- ◀ Entwicklung von Optimierungssätzen

# Leistungsspektrum Hub 1: Sensor-Edge-Cloud

Produkte und Prozesse ökologisch gestalten – was wir für sie tun können

## Technologiefeld

## Technologische Angebote

## Angebote zur Ökobilanzierung Umwelt-Potentialanalyse



### Green Multisensor Plattformen

- ◀ Messtechnische Bewertung des Aufbaus
- ◀ Beratung zur Optimierung von Architektur, Betriebsführung und Komponentenauswahl

- ◀ Bewertung der CO<sub>2</sub> Bilanz von Sensorkomponenten und Sensorsystemen: (Technologieauswahl und Benchmarking)
- ◀ Gesamtsystembetrachtung von der Datenverarbeitung, Datenübertragung bis zum Aufbau



### Green Edge Computing & Edge Cloud Systeme

- ◀ Energieeffiziente Container und Virtualisierung auf verteilte Embedded Systeme
- ◀ Unterstützung bei der Systemintegration/Anpassung an Industrieanforderungen
- ◀ PoL Schaltungsentwicklung
- ◀ KI zur Optimierung der Edge-Cloud Systemlösung (Stufe 2)

- ◀ Energieeinsparung in Teillastszenarien durch intelligente dynamische Software Verteilung und gezielte Abschaltung
- ◀ Integrierte Stromsensorknoten als Messinstrument mit Auswertung in der Edge Cloud unter Nutzung von KI

# Leistungsspektrum Hub 2: Kommunikationsinfrastrukturen

Produkte und Prozesse ökologisch gestalten – was wir für sie tun können

Themenbereich	Technologische Angebote	Angebote zur Ökobilanzierung Umwelt-Potentialanalyse
<b>5G Testbed</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Entwicklung und Test von Algorithmen/Apps zur Netzoptimierung in Bezug auf den Energieverbrauch</li><li>Konformitäts-, Interoperabilitäts- und Performance-Tests von O-RAN-Radio-Units bei gleichzeitiger Erfassung der Leistungsaufnahme</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Nicht geplant</li></ul>
 <b>X-haul drahtlos</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Beratung: Digitalisierung, energieeffiziente Schaltungen/ Module/ Frontends</li><li>Messplätze Komponenten: Digitale TRx, Antennen und MIMO bis 500 GHz</li><li>Outdoor-Testfelder: Entwicklung MMICs, Module, Subsysteme, Systemarchitektur bis 300 GHz, Nutzung 60 GHz Link</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Bilanzierung InP-HBT- und GaN-Prozesse</li><li>Digitalisierung</li><li>Bilanz D-Band und H-Band Links</li></ul>
<b>X-haul optisch</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Beratung: Charakterisierung von Übertragungssystemen, Teilsystemen bzw. optischen Komponenten hinsichtlich des Energieverbrauchs – in engem Zusammenhang mit Messplätzen</li><li>Messplätze: Optisches Zugangsnetz, Optisches Weitverkehrsnetz, 110 GHz Lightwave Component Analyzer, TSN-Testbed</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Datenerfassung zum Energieverbrauch der Komponenten, Teilsysteme und Gesamtinstallationen im Rahmen der aufgebauten Messplätze</li></ul>

# Leistungsspektrum Hub 3: Elektronikproduktion

Produkte und Prozesse ökologisch gestalten – was wir für sie tun können

Themenbereich	Technologische Angebote	Angebote zur Ökobilanzierung Umwelt-Potentialanalyse
 <b>Prozessierung</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Reinigungsverfahren für 300mm Glaswafer zur mehrfachen Wiederverwendung von Glaswafern</li><li>Ersatz traditioneller Batch-Ofenprozesse durch Rapid Thermal Processing im Bereich hochqualitativer Oxide (z.B. Gate-Oxidationen) für die Fertigung komplexer Technologien</li><li>Erstellung der IN/OUT-Material- und Energieflüsse eines Belackers und Entwicklers in industrieller Umgebung</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Reduktion von Glas Wafer scrap und dadurch von CO<sub>2</sub>-Emissionen</li><li>Bewertung Material- und Energieverbrauch für Technologiemodule mit Verwendung von Ofenoxiden</li><li>Prozessabhängige CO<sub>2</sub>-Bilanzierung und Optimierung</li></ul>
 <b>Reinraum und Infrastruktur</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Schädliche Gase, Untersuchung von PECVD-Reinigungsprozessen. Verfügbare Reinigungsgase: PFCs, SF<sub>6</sub>, NF<sub>3</sub>, FAN</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Prozesse mit möglichst geringer Waschwassermenge bzw. geringstem Propangasfluss</li></ul>
 <b>Energie-Management</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>Bilanzierung von Prozessen, die an Energiemengen gekoppelt sind, inkl. Optimierung</li><li>Beratung zur Energieeffizienz bei Einsatz von Maschinen und Anlagen. Mit mobilen Energie-Loggern können zeitaufgelöst die elektrischen Parameter aufgezeichnet und direkt mit laufenden Prozessen korreliert werden</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Umweltbilanzierung von spezifischen Oxiden möglich</li><li>Je nach Ausgangssituation können toolabhängige Energieeinsparungen von bis zu 25 % erzielt werden. Messungen erlauben Ökobilanzierung von Einzelprozessen</li></ul>

# Leistungsspektrum Hub 3: Elektronikproduktion

Produkte und Prozesse ökologisch gestalten – was wir für sie tun können

Themenbereich	Technologische Angebote	Angebote zur Ökobilanzierung Umwelt-Potentialanalyse
 <p><b>Aufbau- und Verbindungstechnik</b></p>	<ul style="list-style-type: none"><li>◀ Nutzung von Hybrid-Integration auf Basis des Al-Al Waferbondens im MPW-Angebot, Herstellung von Hybridtechnologien mit optimiertem Performance-Cost-Trade-Off</li><li>◀ EKC265 Substitution für Reinigung von TSV nach Bosch-Prozess</li><li>◀ Einführung von umweltfreundlicheren Alternativen als EKC265 für die Reinigung (<b>Post-Metal-Etch Remover</b>)</li><li>◀ Prozessoptimierung mit Slurries aus weniger kritischen Quellen oder Materialien, Beratung zu Recycling-Tools, Charakterisierung an Teststrukturen</li><li>◀ Beratung bei der FAN-Gasinstallation, Erstellung und Optimierung des Plasmareinigungsrezepts</li><li>◀ Prozessparameter zur Herstellung von InGaAs/InAlAs/InP-Heterostrukturen auf Silizium-Substraten</li><li>◀ Alternative NMP Stoffe mit Vor- und Nachteilen wurden getestet. Diese Tests können erweitert werden durch umfangreiche Kenntnisse zu Charakterisierungen</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>◀ Bewertung Material- und Energieverbrauch für gesamte Technologieabläufe bzgl. Verbrauch vs. Aufwand</li><li>◀ Einsatz Lösemittel bzw. -gemische, die keine Kanzerogenität aufweisen und nicht sehr schädlich für Wasserorganismen sind</li><li>◀ Fluoride, Amine, Hydroxylamin und Brenzcatechin-frei, niedrige Prozesstemperatur, ohne Spülung mit Isopropanol</li><li>◀ Ersatz Ce- durch SiO<sub>2</sub>- haltige Slurries; Reduktion des Wasserverbrauchs im Post-Prozess, Recycling und Re-Use von Slurries, Bestimmung Verbrauch und CO<sub>2</sub>-Äquivalente</li><li>◀ Vollständiger Ersatz klimaschädlicher Reinigungsgase (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub> und NF<sub>3</sub>) durch FAN-Gas</li><li>◀ Reduzierung des Arsen-Anteils in elektronischen Hochfrequenzschaltungen um 99,99 %</li><li>◀ Prozessevaluierung ohne NMP</li></ul>

# Leistungsspektrum Fraunhofer IZM

Produkte und Prozesse ökologisch gestalten – was wir für sie tun können

## Themenbereich

## Technologische Angebote

## Angebote zur Ökobilanzierung Umwelt-Potentialanalyse



### Elektronikfertigung und Komponenten

Erhebung von Sachbilanzdaten: Chipflächenbestimmung zerstörungsfrei mittels Röntgen und CT, zerstörend mittels Schliff

Bestimmung von Materialien und Materialzusammensetzungen mittels Spektroskopie (x-Ray, CT,  $\mu$ RFA)

Zuverlässigkeitstests (z.B. thermische Wechsel, Vibration, Feuchtigkeit, Schertests, Tumbletests, Droptests, Zugtests sowie Kombinationen mehrerer Tests; Bestimmung von Oberflächendichten )

- Beratung und Erstellung von Sachbilanzmodellen
- Methodische Beratung zu ISO 14040/44 und Definition spezifischer Anforderungen für besondere Anwendungen
- Third-Party-Review für Ökobilanzen
- Plausibilitätscheck für Ökobilanzdatensätze (insb. für elektronische Komponentenfertigung sowie Leiterplatten)
- Beratung zu und Umsetzung von Konzepten zum Ökodesign sowie zur Kreislaufführung
- Beratung zur Umweltgesetzgebungen und – Anforderungen im Bereich Elektronik (nicht rechtsverbindlich) (Bsp. Stoffverbote, DPP, Ökodesign-Richtlinie, ... )

# »Green ICT Space« für Start-ups und KMU

Nutzen Sie unsere Infrastruktur für Ihre Produktentwicklung



## Green ICT Space

- **Begleitet Produktideen**, um sie **umweltfreundlich** und **ressourcenschonend** zu entwickeln
- **Leistet Unterstützung** für die **technologischen Herausforderungen** im Bereich **grüner IKT**
- **Bündelt sich** ergänzende **Kompetenzen** aus mehreren **FMD**-Instituten
- **Ermöglicht die Nutzung** von **Reinräumen** und **über 2200 Maschinen** und **Anlagen** des Kompetenzzentrums **Green ICT @ FMD**

## Leistungen

- Demonstratoren
- Prototypen
- Pilotherstellung
- Ökobilanzierung

## Förderung

- Durch ausgelaufene Förderung keine weiteren Bewerbungsrunden geplant
- Angebot zur Nutzung der aufgebauten Strukturen bleibt jedoch bestehen

# Fachkonferenz für Interessierte »Green ICT Connect«

## Überblick



- Ziel: Vernetzung von Wissenschaft, Industrie und Politik, Studierende sind willkommen
- Format: 2 Tage mit Fachvorträgen, Panel-Talks, Industrie-Pitches, Networking/Matchmaking, Netzwerk-Abend
- Außerdem: Hub-Lounges, begleitende Ausstellung, Wissenschaftlerinnen-Frühstück, (Green ICT Verleihung)
- Kostenlose Teilnahme, Sprache: Deutsch
- Teilnahme: Vor Ort und im Livestream
- Vor Ort bis zu 150 Teilnehmenden

Inhaltliche Schwerpunkte: Forschungs- und Industrieaktivitäten in 3 technologischen Fachgebieten: Sensor-Edge-Cloud Systeme / Energiesparende Kommunikationsinfrastrukturen / Ressourcenoptimierte Elektronikproduktion

Mehr Info [hier](#)  
Kontakt: [Nadiia Telenchuk](#)  
[Zum](#) Eventrückblick 2023

Green ICT Connect 2024  
16.-17. Oktober, Change Hub Berlin  
[Mehr Info](#) // [Zur Anmeldung](#)

# Ihre Ansprechpartner:innen in der FMD-Geschäftsstelle



**Dr. Manuel Thesen**  
Projektverantwortlicher  
+49 171 8491 370  
manuel.thesen@mikroelektronik.fraunhofer.de



**Dr. Hans Walter**  
Standardisierung  
+49 173 5840 124  
hans.walter@mikroelektronik.fraunhofer.de



**Lotta Adu**  
Umweltbewertung  
+49 151 7050 7842  
lotta.adu@mikroelektronik.fraunhofer.de



**Dr. Daniela Hübler**  
Green ICT Space  
+49 151 7261 9479  
daniela.huebler@mikroelektronik.fraunhofer.de



**Tuğana Ceren Aslan**  
Umweltbewertung  
+49 151 2136 0503  
tugana.aslan@mikroelektronik.fraunhofer.de



**Dr. Andreas Middendorf**  
Weiterbildungs- und  
Qualifizierungsprogramm  
+49 152 0903 1116  
andreas.middendorf@mikroelektronik.fraunhofer.de

# Ihre Ansprechpartner:innen in den Green ICT-Hubs

## Hub 1: Sensor-Edge-Cloud Systeme

**Dipl.-Ing. Josef Bernhard**, Hub-Leitung  
josef.bernhard@iis.fraunhofer.de

**Sylvie Couronné**, Stellv. Hub-Leitung  
sylvie.couronne@iis.fraunhofer.de

## Hub 2: Kommunikationsinfrastrukturen

**Prof. Dr. Wolfgang Heinrich**, Hub-Leitung  
wolfgang.heinrich@fbh-berlin.de

**Dr. Andreas Wentzel**, Stellv. Hub-Leitung  
andreas.wentzel@fbh-berlin.de

## Hub 3: Mikroelektronikproduktion

**Jörg Amelung**, Hub-Leitung  
joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de

**Marco Kircher**, Stellv. Hub-Leitung  
marco.kircher@ipms.fraunhofer.de

## Ökobilanzierungen

**Dr. phil. Lutz Stobbe**  
lutz.stobbe@izm.fraunhofer.de

**Dr. Nils F. Nissen**  
nils.nissen@izm.fraunhofer.de

**Dr. Marina Proske**  
marina.proske@izm.fraunhofer.de

# Einen News-Snack für zwischendurch?

Mehr Informationen zum Kompetenzzentrum »Green ICT @ FMD«



Zum Newsletter-Abo



Zur Projektwebseite



Zum 3D-Showroom



GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung

greenict