

Studie I²ERN

Einsatz der Mikrosystemtechnik bei der dezentralen Energieversorgung

Fraunhofer-Institut für integrierte Schaltungen (IIS)
Erlangen

Ansprechpartner: Karlheinz Ronge



in Kooperation mit

EnergieRegion Nürnberg e.V.
Nürnberg

Ansprechpartner: Peter Bung, Geschäftsführer

EnergieRegion Nürnberg e.V.

E.ON Energie AG,
München

Ansprechpartner: Dr.-Ing. Wolfgang Woyke,
Technische Grundsatzfragen, Neue Technologien



Energie-Technologisches Zentrum Nürnberg
Nürnberg

Ansprechpartner: Erich Maurer



FfE, Forschungsstelle für Energiewirtschaft e.V.
München

Ansprechpartner: Prof. W. Mauch



RMD CONSULT
München

Ansprechpartner: Hans Scherer

RMD CONSULT

SIEMENS PTD
Nürnberg

Ansprechpartner: Uli Syre

SIEMENS

tms Institut für technik & markt stratgeien
Nürnberg

Ansprechpartner: Prof. Dr. Rudolf Dögl



Executive Summary

Motivation und Zielsetzung

Die Überzeugung, dass neue Entwicklungen der Mikrosystemtechnik (MST) zukünftig mit einem erheblichen Betrag auch zur wirtschaftlichen Verbesserung der Energietechnik genutzt werden könnten, ist in der Wissenschaft ebenso wie bei Energieerzeugern, -verteilern und -anwendern immer weiter verbreitet. Jedoch liegen hierzu noch gravierende Anwendungs- und Erkenntnislücken vor.

Entsprechend lagen die Ziele der vorliegenden Studie darin,

- einerseits für die Energieerzeugung, -verteilung und -nutzung **generelle** Potenziale zur technisch-wirtschaftlich-ökologischen Verbesserung zu identifizieren und aufzuzeigen,
- andererseits spezifische Perspektiven dafür zu entwickeln, ob, wie und in welchem Ausmaß der **Einsatz der Mikrosystemtechnik** (MST) zur Optimierung der Energieversorgung beitragen kann, und welche FuE-Schwerpunkte hierfür Ziel führend sind.

Status quo

Die hohen Anforderungen an die Zuverlässigkeit in der Energietechnik und die langen Investitionszyklen haben zur Folge, dass sich neue Technologien und Einsatzmöglichkeiten der MST trotz enormer Fortschritte hinsichtlich Miniaturisierung und Robustheit gegenüber Umgebungsbedingungen (z. B. Erschütterungsunempfindlichkeit, Hochtemperaturbeständigkeit etc.) nur langsam durchsetzen. Der noch fehlende Nachweis ihrer Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit in Pilotanwendungen bremst ihren Einsatz zur Erhöhung der Energieeffizienz und damit zur Einsparung von Energiekosten, insbesondere in der Automatisierung und Optimierung aller Arten von Anlagen der Energieerzeugung und -verteilung.

Optionen zur Steigerung der Energieeffizienz sind entweder heute bereits bekannt und werden industriell weitgehend angewendet oder sie befindet sich noch im weiten Feld der angewandten Forschung bis hin zu Pilot- und Demonstrationsanlagen. Oft sind zwar die technischen Fragen weitgehend gelöst, es fehlt jedoch an wirtschaftlichen Anreizen oder an Ideen zur Senkung der Investitions- und der Betriebskosten, um diese Technologien in entsprechend wettbewerbsfähige Produkte umwandeln zu können.

Im Bereich der dezentralen Erzeugung wurden in Deutschland unter Einsatz intensiver öffentlicher Förderung bereits mehrere Projekte durchgeführt. Es wurde jedoch noch kein durchgängiges Konzept zur Nutzung der Synergien dezentraler Erzeugung in einem virtuellen Kraftwerk entwickelt, das einen signifikanten ökonomischen und ökologischen Mehrwert gegenüber dem heute üblichen Einzelbetrieb der Anlagen nachweist.

Potenziale

Ausgehend vom Status quo wurden in Experteninterviews und -workshops sowohl generelle Verbesserungsmöglichkeiten als auch spezielle Anwendungspotenziale für die Mikrosystemtechnik in der Energieversorgung identifiziert und bewertet.

Die aktuelle und zukünftige Rolle der Mikrosystemtechnik für die Energietechnik definiert sich über diejenigen Technologien, in denen sie über den Einsatz ihrer mikrosystemischen Elemente (Sensoren, Aktoren etc.) für die Energietechnik Anwendung findet. Ein sehr breites Einsatzfeld eröffnet sich hierbei in **Mess-, Steuer- und Regelfunktionen**, die durch das Zusammenspiel von Sensoren, IuK und Leistungselektronik erfüllt werden.

- Die **Sensorik** ist dabei das „Herzstück“ für den potenziellen Einsatz der MST in der Energieversorgung. Im Hinblick auf ihren zukünftigen Einsatz und ihre zeitliche Verfügbarkeit in der Energieversorgung ist zwischen kurz-, mittel- und langfristigen Verfügbarkeitsperspektiven zu unterscheiden, die jeweils in der Studie dargelegt werden.
- Bei den **Kommunikationstechnologien** für die Energieversorgung stehen Zählerfernauslesung und Verbrauchsabrechnung, Lastmanagement, Verbrauchserfassung, Verbrauchsmanagement, dynamische Stromtarife, Standardisierung, Prozessoptimierung und dezentrale Managementsysteme (DEMS) im Vordergrund.
- Die enormen Fortschritte in der Mikrosystemtechnik hinsichtlich Miniaturisierung und Robustheit gegenüber Umgebungsbedingungen (z. B. Erschütterungsunempfindlichkeit, Hochtemperaturbeständigkeit, ...) führen auch in energietechnischen Systemen zu völlig neuen Einsatzmöglichkeiten für die **Leistungselektronik**. Die wesentlichen Potenziale sind dabei in Antriebssteuerungen, Stromversorgungen und Komponenten zu finden.

Die Studie hat offen gelegt, dass es nicht die eine oder einige wenige entscheidende Einsatzfelder für die Mikrosystemtechnik sind, die einen Effizienzschub verursachen werden, sondern es ist die Summe sehr vieler „kleinerer“ Verbesserungen, die durch den MST-Einsatz in den verschiedenen Anwendungsfeldern erreicht werden können. Entsprechend breit gefächert sind auch die Ergebnisse der Studie für mögliche Einsatzfelder der Mikrosystemtechnik in der Energieversorgung.

Zur Priorisierung unter dem Aspekt der Forschungsförderung wurden die identifizierten Verbesserungspotenziale einer ersten Bewertung unterzogen und nach folgenden Bewertungsdimensionen positioniert:

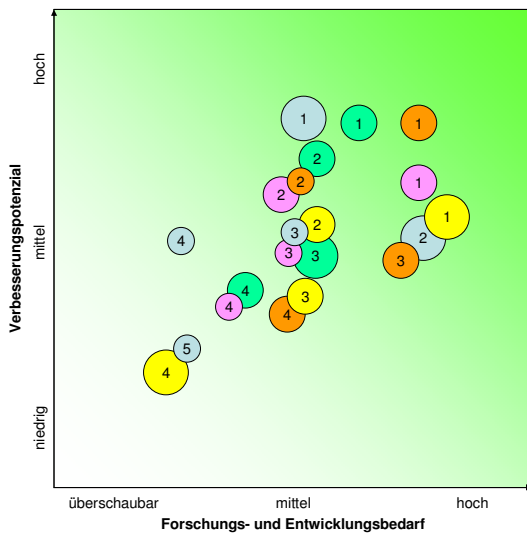
- „zu erwartender Forschungs- und Entwicklungsaufwand“ (X-Achse) als relativer Wert dafür, welcher Aufwand bis zur Realisierung der Lösungspotenziale voraussichtlich zu leisten ist ¹

¹ Im jetzigen Stadium ist es noch nicht möglich, den zu erwartenden Aufwand diskret zu quantifizieren, daher muss hier mit relativen Werten gearbeitet werden.

- „*Verbesserungspotenzial*“ (Y-Achse) gemessen an den zu erwartenden Nutzeffekten aus der Realisierung des Lösungsansatzes hinsichtlich einer Steigerung der Energieeffizienz und/oder Kostensenkung
- *Technologiekomplexität* (Kreisgröße) als relatives Maß für die zur Realisierung benötigte Anzahl und Komplexität der Technologien

Demnach sollten rechts oben positionierte Themen aufgrund ihres hohen Nutzenpotenzials bei gleichzeitig hohem Mittelbedarf aus Sicht der Forschungsförderung priorisiert werden.

MST-Einsatzfelder im Bereich der Energieerzeugung



Regelung, Diagnose und Überwachung von Komponenten und Anlagen

- 1 Prozessgüte in Großkraftwerken
- 2 Überwachung/Regelung bei Blockheizkraftwerken
- 3 Überwachung/Regelung bei Biogasanlagen
- 4 Regelung/Steuerung elektrischer Nebenaggregate
- 5 Überwachung von PV-Anlagen

Erfassung dynamischer mechanischer Größen

- 1 Schwingung/Resonanz v. Maschinen u. rotier. Teilen
- 2 Lagerüberwachung
- 3 Positionsüberwachung von mechan. Stellgliedern
- 4 Drehmoment und Deformation bei Beanspruchung

Sensorik in Verbrennungsprozessen

- 1 in-situ Gasanalyse insb. bei hohen Temperaturen
- 2 Höchsttemperaturmessung
- 3 Volumenstrommessung gasförmiger Stoffe
- 4 Volumenstrommessung feingranularer Stoffe

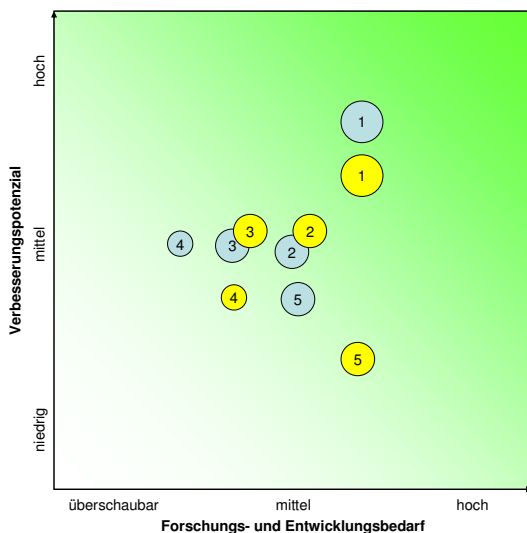
Chemische und physikalische Größen in der Verfahrenstechnik

- 1 Dampfparameter/Dampfreinheit b. hohen Temperatur.
- 2 Chemische Zusammensetzung von Flüssigkeiten
- 3 Temperaturverteilung bei hohen Temperaturen
- 4 Strömungsgeschwindigkeit, Druck

Kommunikationstechnologien

- 1 Pilotanwendungen gängiger, kostengünstiger I&K
- 2 Kostenreduktion der I&K-Technik insgesamt
- 3 Interoperabilität von I&K-Systemen und Feldbussen
- 4 Anbindung dezent. Anlagen an die Netzleittechnik

MST-Einsatzfelder im Bereich der Energieverteilung und -nutzung



Energietransport und -verteilung

- 1 Datenübertragung zw. Erzeugern u. Verbrauchern
- 2 Kostengünstige Sicherheitstechnik
- 3 Ölsensorik für Transformatoren und Schalter
- 4 Temperatursensorik für Leitungen u. Trafos
- 5 Kostengünstige Stromqualitätssensorik

Energienutzung

- 1 Verbrauchsreduktion, Stand-by Konzepte
- 2 Strom-/Leistungsmessung m. Komm.-schnittstellen
- 3 Kostengünstige, effiziente Leistungselektronik
- 4 Kostengünstige Sensorik für Heizen-Klima-Lüften
- 5 Präsenzsensoren

Deutliche Mehrwerte sind insbesondere durch die Verknüpfung der Ansätze im Sinne eines umfassenden integrierten Einsatzes der Mikrosystemtechnik unter Nutzung deren technologischer Potenziale und Preisreduktionseffekte zu erreichen wie z. B. in Einsatzszenarien für:

- dezentrale Netz- und Lastmanagementsysteme (DEMS) → Einsatz von IuK-Systemen zur Integration und Steuerung mehrerer Anlagen
- Verbrauchserfassung und Abrechnung → Nutzung einer zeitnahen Erfassung der Verbrauchsdaten als Grundlage zur effizienten Prognose und Steuerung der Erzeugung und des Energiebedarfes
- Zusatznutzen und Komfort → z. B. Verbesserung der Energieeffizienz bei Erzeugungs- und Verbrauchsprozessen sowie Diagnose und Überwachung von Komponenten und Anlagen

Forschungspotenziale im untersuchten Umfeld

Oberste Prämisse für die Empfehlungen zu Forschungs- und Entwicklungsprojekten ist die Verbesserung der Energieeffizienz insgesamt, nicht für eine bestimmte Art der Erzeugung; zumal die Mikrosystemtechnik eine typische Querschnittstechnologie darstellt und auch virtuelle Kraftwerke einen Mix aus dezentralen Erzeugungstechnologien repräsentieren. Entsprechend empfehlen die Autoren der Studie, FuE-Schwerpunkte und Modellprojekte in folgenden Bereichen anzusiedeln:

- **Weiterentwicklung und Integration mikrosystemtechnischer Komponenten** (mit den Schwerpunkten: integrierte Strom- und Leistungsmessung, Sensorsysteme unter Verwendung der Mikrosystemtechnik, Reduzierung der Stand-by-Stromaufnahme und Steigerung der Energieeffizienz)
- **Einsatz und Migration von Kommunikationstechnologien** (mit den Schwerpunkten: Gebäudesystemtechnik, hoch integrierte, intelligente Kommunikationsgateways, Konzepte zur Online-Konfiguration von Gateways über das Netzwerk, Rückgriff auf bereits verfügbare Telekommunikationsinfrastrukturen zur Steuerung der Energieflüsse, dezentrale Strategien zur Optimierung verfügbarer Kommunikationsinfrastrukturen und Verfügbarkeit von elektrischer Energie im Verbundnetz)
- **„Virtuelle Kraftwerke“ als regionale Optimierungsinself** (ganzheitliches Energiekonzept mit durchgängigem Energie- und Kommunikationsfluss über die Optimierungsebenen von der Energieerzeugung über die Übertragung und Verteilung bis hin zum Endverbrauch, unter expliziter Berücksichtigung der wesentlichen Integrations- und Umsetzungsparameter)

Für einen universellen, standardisierten und mittel- bis langfristig wirtschaftlichen Einsatz von IuK-Technologien zur Nutzung des intelligenten Erzeugungs- und Lastmanagements vom Haushalt bis zum Großverbraucher ist die Mikrosystemtechnik mit ihren Potenzialen in Sensorik, IuK und Leistungselektronik unverzichtbar. Damit ist die in der vorliegenden Studie untersuchte Mikrosystemtechnik ein entscheidender Türöffner für diesen Ansatz. Entsprechende Modellprojekte würden dazu beitragen, das Potenzial der

Mikrosystemtechnik für eine wirtschaftliche Energieeffizienzsteigerung auf breiter Basis nutzbar zu machen.