
LESSONS LEARNT FROM THE UPTAKE OF ENERGY AUDITS AND ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS IN GERMANY

Lisa Nabitz, Clemens Rohde, **Patrick Plötz**, and Nele Friedrichsen
Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI, Germany



IAEE Conference, Vienna 2017

Motivation

- Energy efficiency is the “first fuel” and a cost effective way to achieve a decarbonised society
- Yet, cost effective energy efficiency measures are not fully implemented, especially in the industrial sector
- **Energy audits** and **energy management systems (EMS)** can help to increase the adoption of energy efficient technologies
- **Energy audits:** usually one day visit by consultant to increase knowledge on energy consumption as well as on energy saving opportunities (mostly according to German standardization DIN EN 16247-1):
 - *“a systematic procedure with the purpose of obtaining adequate knowledge of the existing energy consumption profile [...], identifying and quantifying cost-effective energy savings opportunities, and reporting the findings”* (Energy Efficiency Directive)
- **Energy management systems (EMS)** *“are a systematic way of analysing the procurement, conversion and use of energy within an organisation under environmental and economic objectives”* (VDI 2007) and are usually certified according ISO 50001

Motivation and key terms

Motivation

- Energy efficiency is the “first fuel” and a cost effective way to achieve a decarbonised society
- Yet, cost effective energy efficiency measures are not fully implemented, especially in the industrial sector
- **Energy audits** and **energy management systems (EMS)** can help to increase the adoption of energy efficient technologies

Definitions of key terms:

- **Energy audits:** usually one day visit by consultant to increase knowledge on energy consumption & energy saving opportunities
“a systematic procedure with the purpose of obtaining adequate knowledge of the existing energy consumption profile [...], identifying and quantifying cost-effective energy savings opportunities, and reporting the findings” (Energy Efficiency Directive)
- **Energy management systems** (EMS) “are a systematic way of analysing the procurement, conversion and use of energy within an organisation under environmental and economic objectives” (VDI 2007) and are usually certified according ISO 50001

Policy background

- Promoting energy audits and energy management systems is part of the German and European policy mix
- Energy audits mandatory for large enterprises (Energy Efficiency Directive)
- In Germany: energy tax relief schemes for energy audits and certified EMS + funding schemes

	<i>Large enterprises</i>		<i>SMEs</i>	
	Energy management	Energy Audit	Energy management	Energy Audit
<i>Special equalization scheme</i>	yes			yes
<i>Eco tax cap for manufacturing industry</i>	yes			yes*
<i>Mandatory energy audits (Art. 8 EED)</i>	yes**	yes		
<i>SME Energy Consulting</i>				yes
<i>Support Programme for Energy Management Systems</i>	yes***	yes***	yes***	yes***

Aims for today:

1. analyse the status of diffusion of energy audits and energy management
2. investigate their impact on adoption of energy efficiency technologies in industry

* Companies with electricity consumption <5 GWh can introduce alternative systems.

** Companies that are subject to mandatory energy audits may alternatively introduce an energy management system and conduct the energy audit in this context.

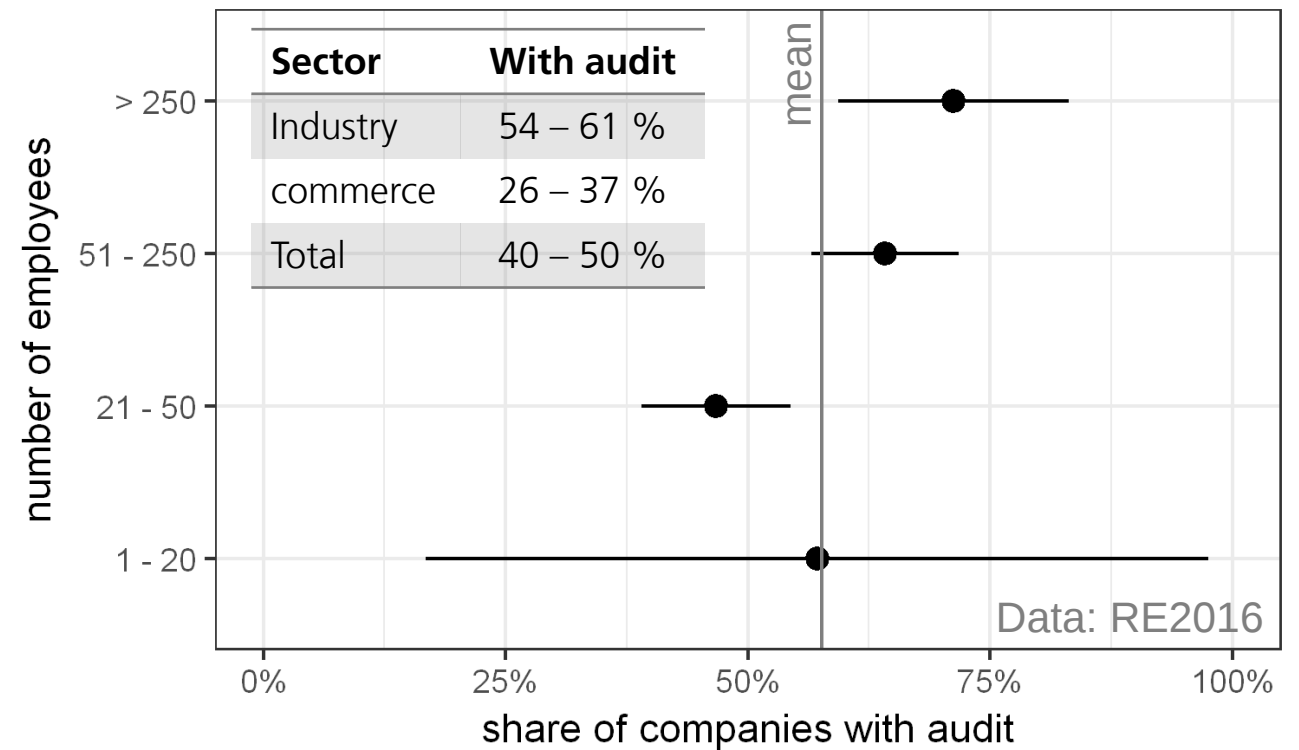
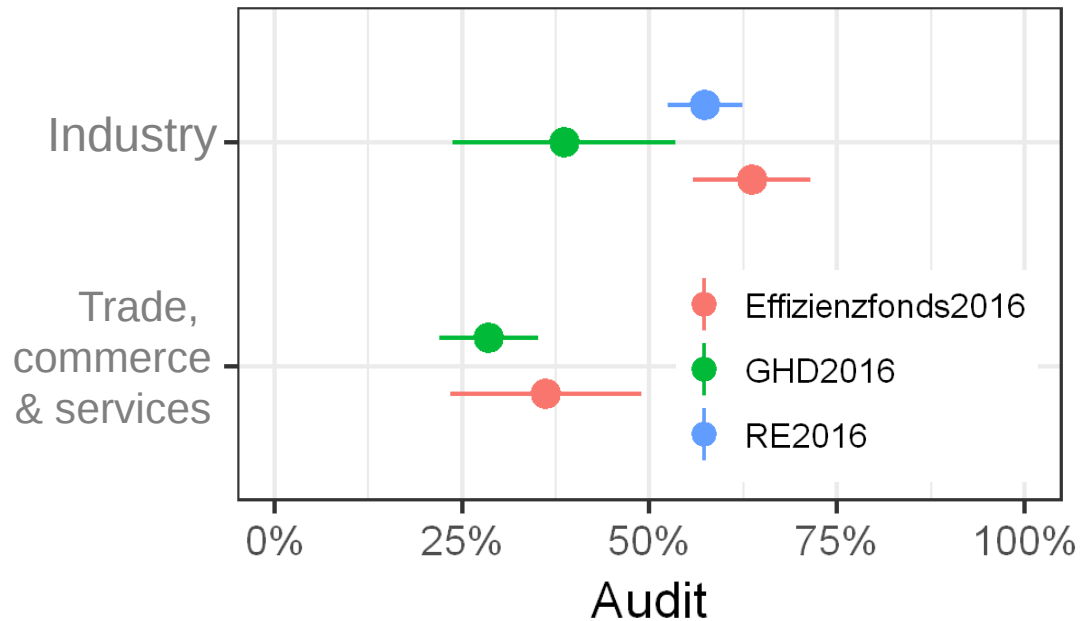
*** Companies which have already applied for are the 'special equalization scheme' or the 'eco tax cap for manufacturing industry' are not eligible for funding.

We combine various surveys for a robust and systematic overview of the diffusion and impact of EMS and audits

Data set	EMS2015	EBM2014	GHD2016	Effizienzfonds2016	RE2016
Name of data set	European Manufacturing Survey	Energy audits in SMEs	Rational use of energy in the trade, commerce and services sector	Evaluation of the funding program EMS	Rational use of energy in industry
Year of survey	2015	2014	2016	2016	2016
Sectors	Manufacturing industries	Industry & trade, commerce and services	Trade, commerce and services; manufacturing industries < 20 employees	Industry & trade, commerce and services	NACE 22, 25-30
Sample size	1,282	1,471	336	246	402
Particularities of the sample	Representative for manufacturing (>19 employees)	All companies in the sample had an energy audit	-	EMS common in sample	Subsample of the EMS2015 Data set

Results on diffusion of **energy audits**: Almost every second German company has had an energy audit

- Current state of diffusion of energy audits 40 – 50% of companies
- More in energy-intensive and large companies

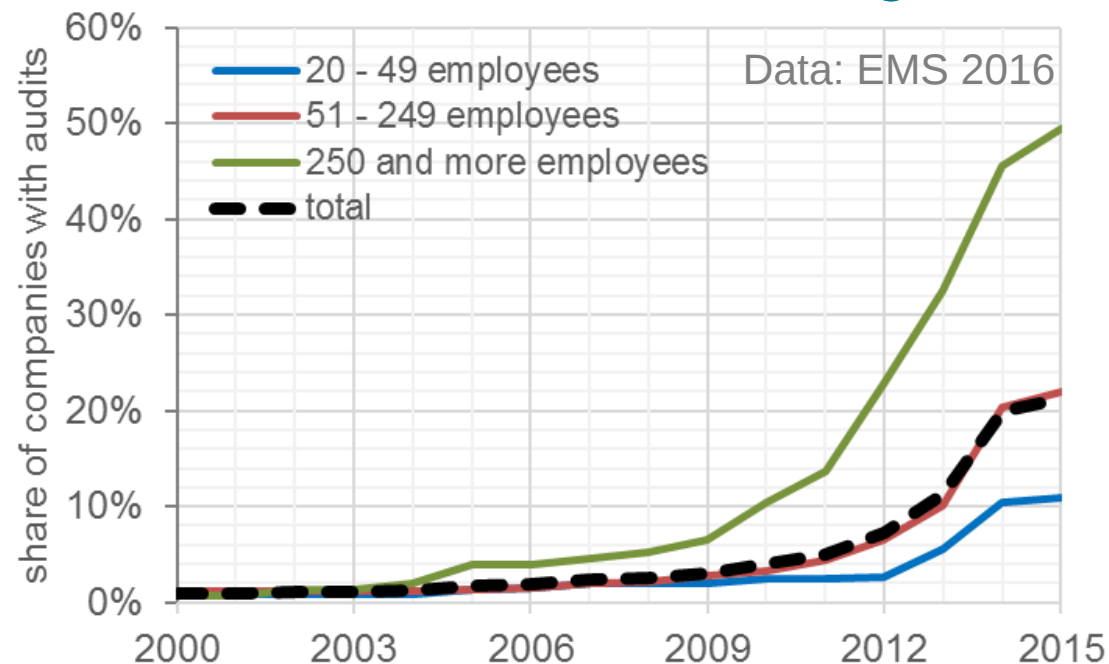


Error bars show 95% confidence bands

About every fifth company in Germany has an EMS – the share is higher in large companies and overall growing

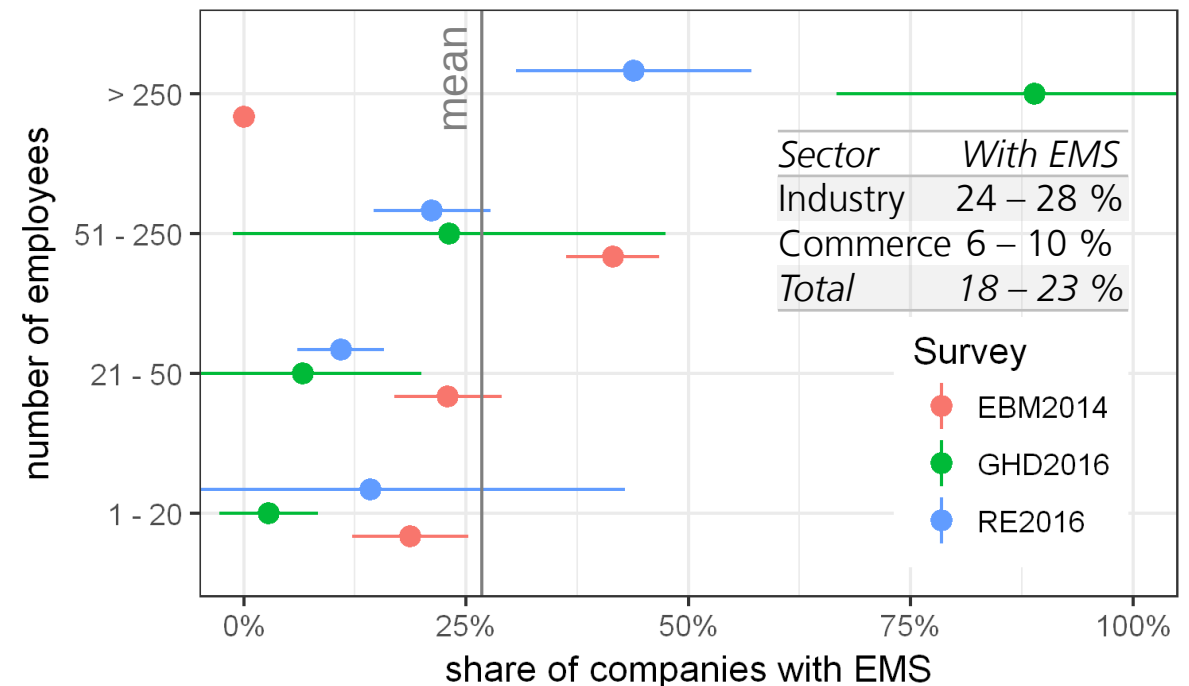
- Time evolution and current state of diffusion → robustness from comparison (and differences explainable)
- Larger and more energy-intensive companies are more likely to have an EMS

Diffusion in manufacturing



Error bars show 95% confidence bands

Current state of diffusion in Germany

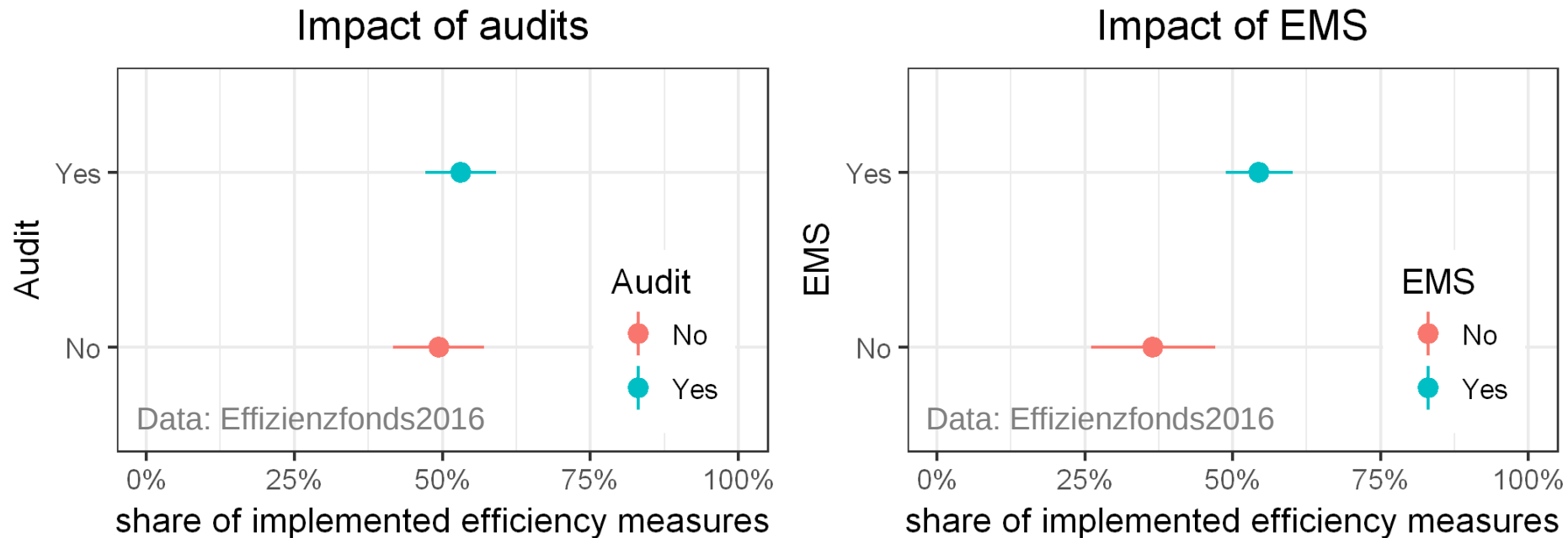


How to measure the impact of Audits and EMS with the available data?

- Impact of policy can be measured in various ways, also depending on available data
- **Here:** Change of adoption of energy efficiency technologies.
- Comparison of companies with and without energy management according to
 - **Share of implemented energy efficiency measures per company**
 - **Share of companies with implemented measures**According to available data
- **Methodological issues:**
 - Control group & similarity between treatment and control group
 - Inclusion of unobserved factors and free rider effects

Impact as average share of implemented energy efficiency measures

- Several measures for energy efficiency improvements have been suggested to the companies
- Data: "Effizienzfonds2016"; shown are means with 95% confidence bands



- **The mean share of implemented energy efficiency measures is higher in companies with EMS**

Error bars show 95% confidence bands

How many more companies become energy efficient by energy audits and EMS?

Background:

- We used logistic regression to quantify the impact of the energy management measures
- Dependent Variable: More than half of the suggested energy efficiency measures implemented?
- “Effizienzfonds2016” data with N = 180
- Control variables:
 - use of energy saving targets and
 - energy usage indicators

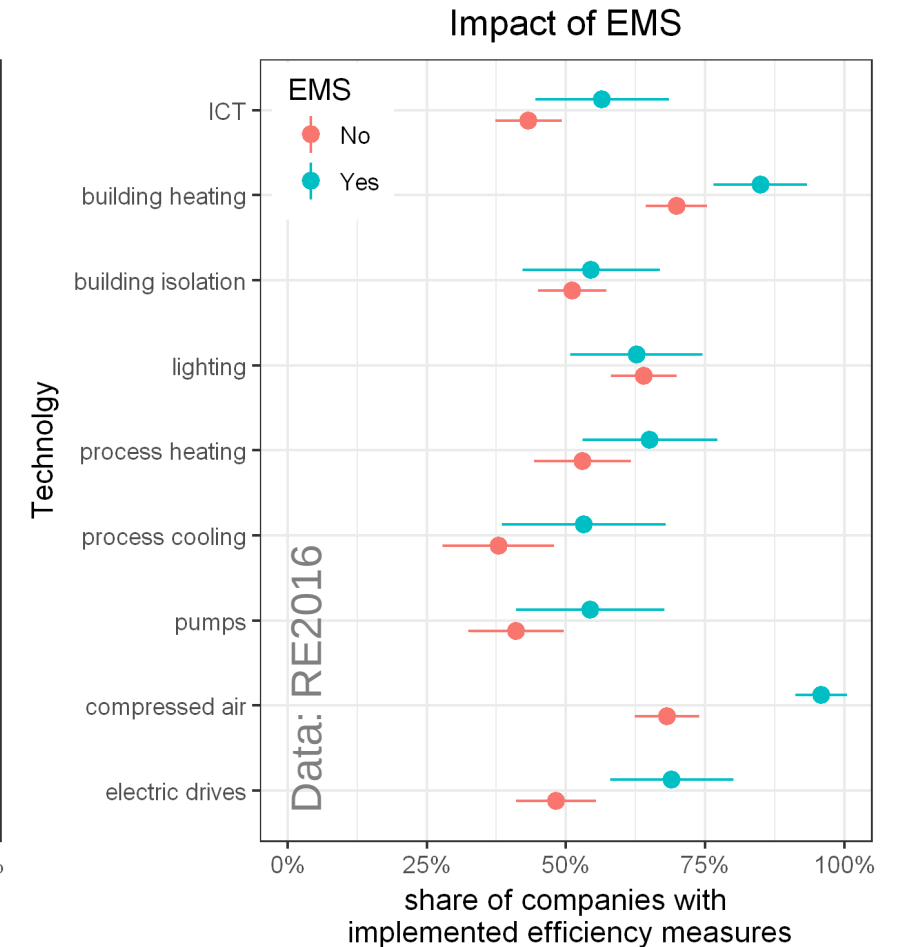
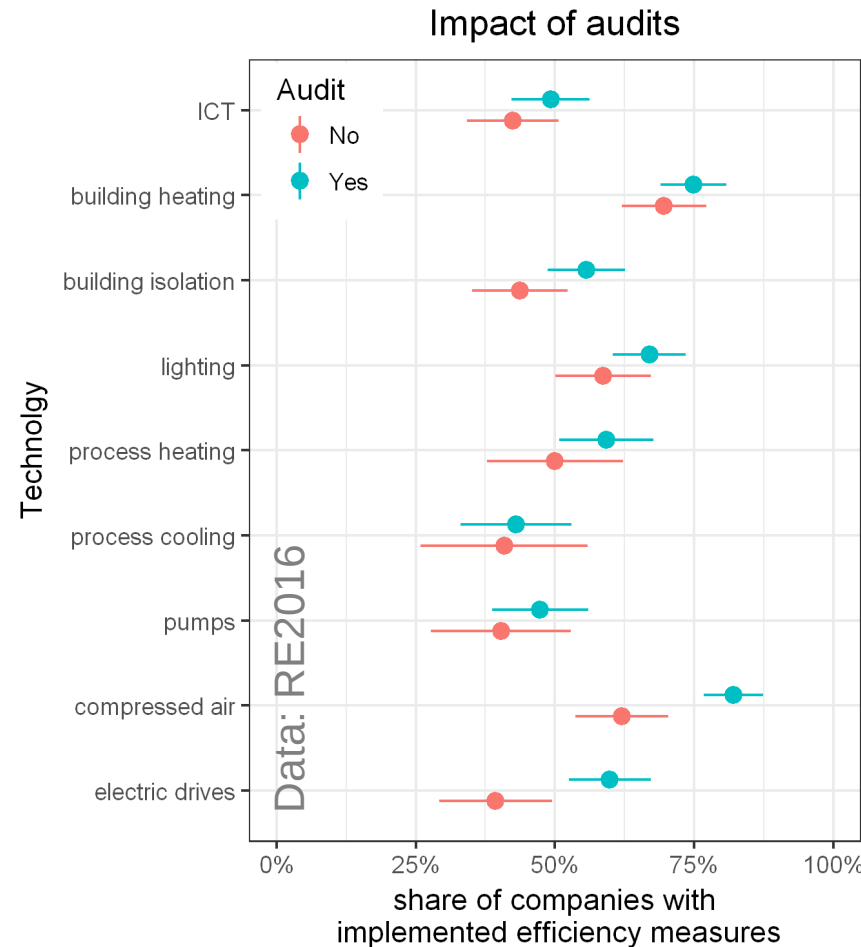
Variable	Marginal effect	Std. error
Audit	+17.2%[†]	9.2%
EMS	+25.6%^{**}	9.7%
Energy saving target	-41.3% ^{**}	12.9%
Energy usage indicators	+42.9% ^{***}	4.6%

Results:

- The schemes **increase the likelihood to implemented energy efficiency measures** in companies
 - **Audits by about 17 percent points**
 - **EMS by 26 percentage points**

Impact as share of companies that used energy efficiency technology in specific domain

- implementation per company is binary
- Data is RE2016
- In most cases, companies with EMS and audits are more likely to implement energy efficiency measures
- **Total impact present in technologies**



Error bars show 95% confidence bands

Discussion and conclusions

Conclusions:

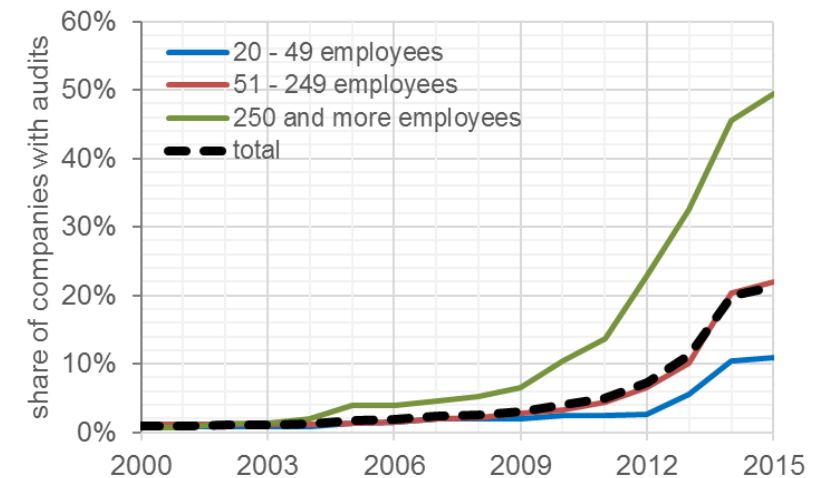
- Audits are twice as common as EMS in Germany
- Both are more common in industry and in larger companies
- Audits and EMS are effective in adoption of energy efficiency technologies and thus most likely in reduction of energy consumption
- Policy message: Still room for higher adoption

Discussion

- Data availability and quality is still an issue
- Difficult: Interaction between audits and EMS

Share of companies

	Industry	Commerce	Total
Audits	54 – 61 %	26 – 37 %	40 – 50 %
EMS	24 – 28 %	6 – 10 %	18 – 23 %



	Marginal effect on adoption	Std. error
Audit	+17.2% [†]	9.2%
EMS	+25.6% ^{**}	9.7%
Energy saving target	-41.3% ^{**}	12.9%
Energy indicators	+42.9% ^{***}	4.6%

Thank you for your attention!

Contact:

Patrick Plötz

Competence Center Energy Technologies and Energy Systems

Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI

patrick.ploetz@isi.fraunhofer.de

The data sets complement each other in focus & coverage

	EBM2014	GHD2016	Effizienz- fonds2016	RE2016
Median no. of employees	35	35	193	59
Mean (SD) no. of employees	54 (56)	377 (2176)	465 (906)	265 (1148)
with 1 - 20 employees	36%	36%	5%	2%
with 21 - 50 employees	29%	26%	13%	43%
with 51 - 250 employees	35%	25%	43%	40%
with more than 250 employees	0%	14%	39%	15%
with energy manager	41%	NA	NA	NA
which use energy indicators	NA	67%	89%	48%
which have an energy target	NA	43%	83%	38%

EMS increase the share of companies that implement energy efficiency measures by 20 – 30 percentage points

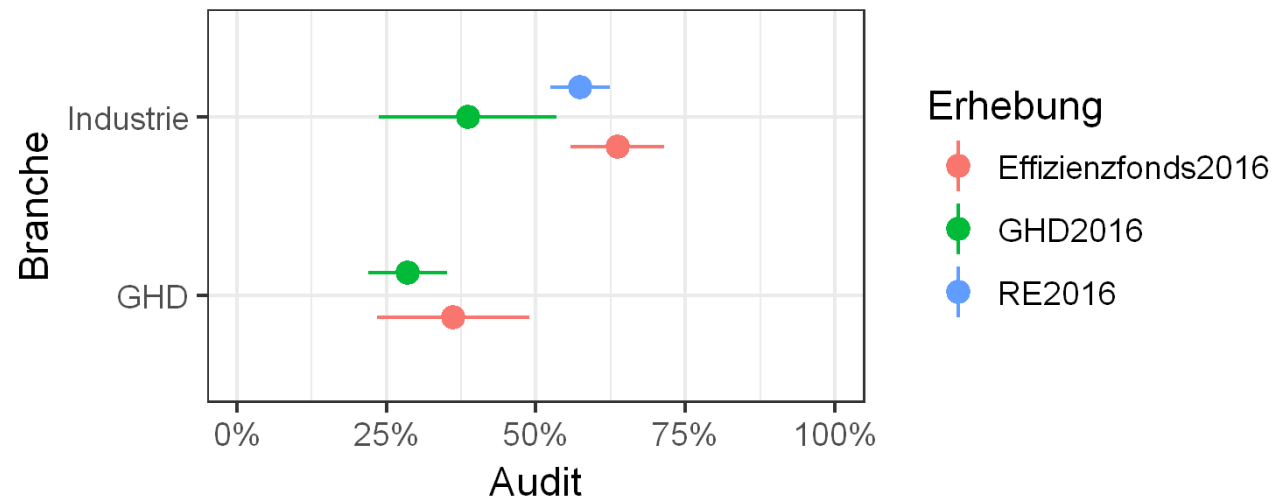
- Data: Effizienzfonds2016 & RE2016
- Method: t-tests
- Results:
 - Significant differences for some technologies
 - Mostly sample size too small
 - EMS increase the share of Companies that implement energy efficiency measures by 20 – 30 percentage points

Technological area	Group	N	Measures implemented?	Difference	
Electric drives	EMS	72	73.6 %	29.8 %	***
	Without EMS	80	43.8 %		
Compressed air	EMS	86	79.1 %	17.7 %	***
	Without EMS	114	61.4 %		
Pumps	EMS	64	40.6 %	-2.8 %	
	Without EMS	53	43.4 %		
Process cooling	EMS	54	46.3 %	6.8 %	
	Without EMS	38	39.5 %		
Process heat supply	EMS	55	45.5 %	2.8 %	
	Without EMS	60	48.3 %		
Heating systems in buildings	EMS	75	42.7 %	-14.4 %	*
	Without EMS	112	57.1 %		
Building envelope	EMS	77	39.0 %	-3.1 %	
	Without EMS	114	42.1 %		
Lighting	EMS	87	89.7 %	22.5 %	***
	Without EMS	125	67.2 %		
ICT	EMS	80	45.0 %	2.3 %	
	Without EMS	124	42.7 %		

Data: RE2016

Verbreitung von Audits in Industrie und GHD

- Der mittlere Anteil der Unternehmen mit durchgeführtem Audit kann nach drei der Datenquellen ausgewertet werden (Balken zeigen statistische Unsicherheit)

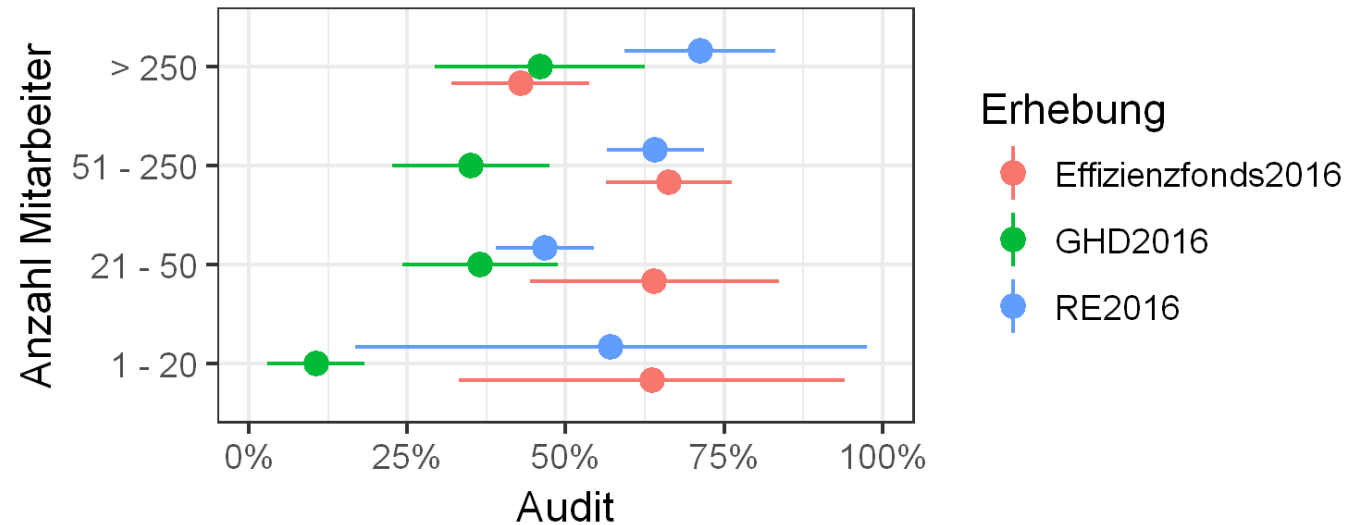


Sektor	mit Audit
Industrie	54 – 61 %
GHD	26 – 37 %
Gesamt	40 – 50 %
Industrie	15 – 17.000
GHD	30 – 45.000
Gesamt	45 – 72.000

- Heute sind Audits in der Industrie stärker verbreitet als im GHD-Sektor
 - In der Industrie gut die Hälfte mit Audits
 - Im GHD circa ein Drittel mit Audits
 - Differenzierung nach Unternehmen und Standorten mit Daten nicht möglich

Verbreitung von Audits in Industrie und GHD

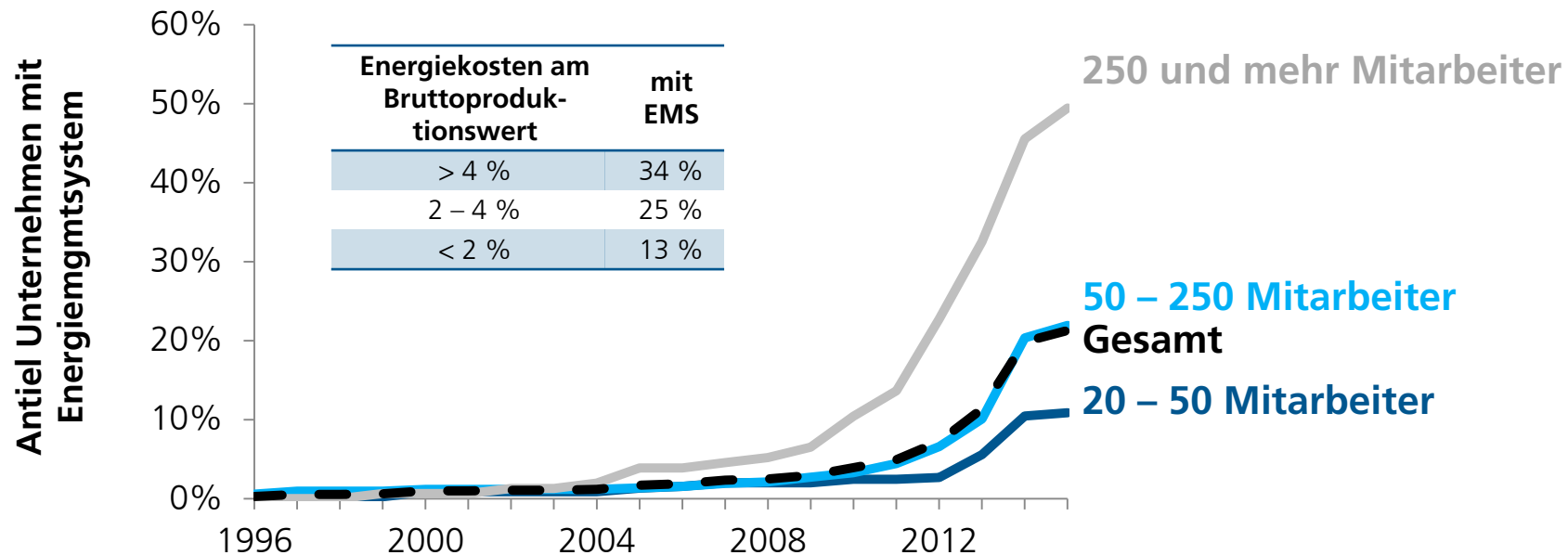
- Der mittlere Anteil mit Audit steigt mit der Unternehmensgröße gemessen in Zahl der Mitarbeiter an (Balken zeigen statistische Unsicherheit)



- Weitere statistische Tests zeigen, dass der Anteil der Unternehmen mit Audit mit der Zahl der Mitarbeiter signifikant wächst

Zeitliche Verbreitung von EMS im verarbeitenden Gewerbe

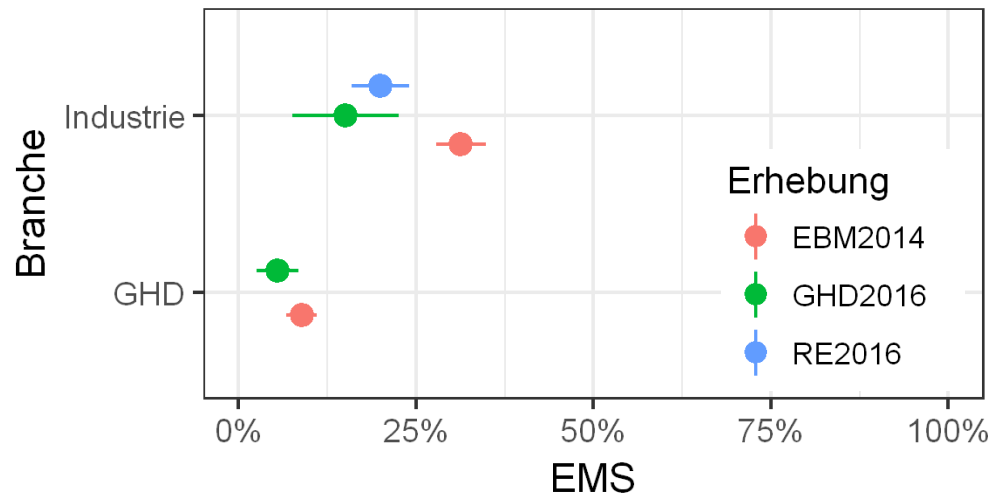
- Anteil der Unternehmen in Deutschland mit Energiemanagementsystemen (EMS)
- Daten: Erhebung „Modernisierung der Produktion“ (Fraunhofer ISI, 2015).
Stichprobe 2015: n = 1282, **überwiegend Verarbeitendes Gewerbe**



➤ **EMS deutlich gewachsen und häufiger in großen und energieintensiven zu finden**

Heutige Verbreitung von EMS

- Der mittlere Anteil der Unternehmen mit EMS kann nach drei der Datenquellen ausgewertet werden (Balken zeigen statistische Unsicherheit)



Sektor	mit EMS
Industrie	24 – 28 %
GHD	6 – 10 %
Gesamt	18 – 23 %
Industrie	7 – 8.000
GHD	4 – 12.000
Gesamt	10 – 20.000

- Zum Vergleich: Der ISO Survey 2015 gibt bis einschl. 2015 ca. 13.000 EMS Zertifikate oder ca. 14.000 zertifizierte Standorte an; bis einschl. 2016 sind ca. 20.000 EMS möglich, allerdings ist die Erfassung im ISO Survey nicht verpflichtend
- **EMS sind in der Industrie stärker verbreitet als in GHD aber seltener als Audits**

Beachte: die Förderung von EMS und Audits kann die Anteile in den Gruppen beeinflussen

	Nicht-KMU		KMU	
	EMS	Audit	EMS	Audit
Spitzenausgleich	✓			✓
Besondere Ausgleichsregelung	✓			✓*
Energieauditpflicht	✓**	✓		
Energieberatung Mittelstand				✓
Förderprogramm Energiesystemsmanagement	✓***	✓***	✓***	✓***

* Unternehmen mit Energieverbrauch < 5 GWh können Alternatives System einführen

** Unternehmen, die unter die Energieauditpflicht fallen, können alternativ auch ein EMS einführen und im Rahmen dessen das Energieaudit erarbeiten

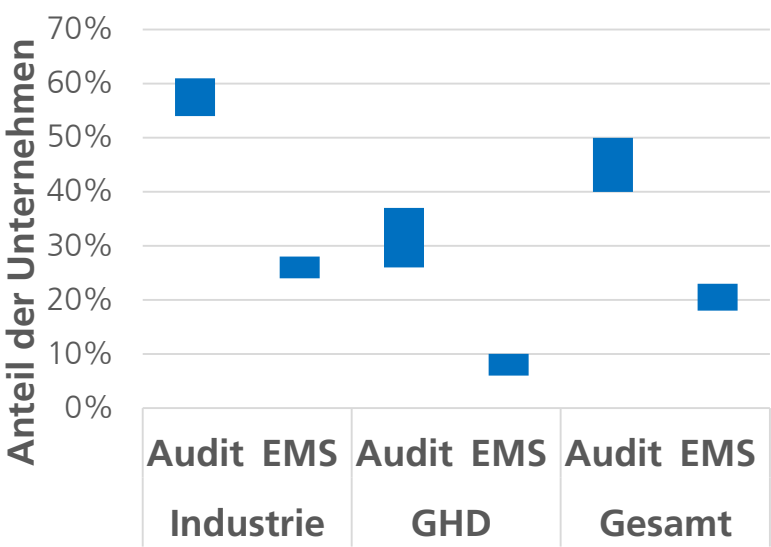
*** Unternehmen, die bereits Spitzenausgleich oder Besondere Ausgleichsregelung beantragt haben sind nicht antragsberechtigt

Zwischenfazit: Audits doppelt so häufig wie EMS und beide eher in Industrie

- Zusammenfassung der heutigen Verbreitung:

	Anteil Unternehmen			Anzahl Unternehmen ('000)		
	Industrie	GHD	Gesamt	Industrie	GHD	Gesamt
Audit	54 – 61%	26 – 37%	40 – 50%	15 – 17	30 – 45	45 – 72
EMS	24 – 28%	6 – 10%	18 – 23%	7 – 8	4 – 12	10 – 20

- Einfluss auf Verbreitung bei EMS und Audits sind jeweils GHD/Industrie und Größe des Unternehmens
- Schwierig: Interaktion zwischen beiden Instrumenten: EMS startet mit Audit?
- Die Audits aus dem Jahr 2016 gemäß der Energieauditpflicht sind in den Befragungen nicht abgedeckt



Wirkung von Audits und EMS

Wirkung von Audits: Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen

- Für die Wirkung von Audits wird angenommen, dass Unternehmen mit Audits mehr Maßnahmen im Bereich Energieeffizienz umsetzen und so höhere Einsparungen erzielen
- Methodisches Vorgehen: Vergleich des mittleren Anteils umgesetzter Maßnahmen in
 - Gruppe mit Audit (Daten: EBM2016, nutzbare Stichprobe N = 600) sowie in
 - einer Kontrollgruppe ohne Audit (Daten: GHD-Befragung 2014, N = 600)
 - Differenzen wurden auf unterschiedliche Gruppenzusammensetzung korrigiert

Mittlerer Anteil umgesetzter Maßnahmen	Ohne Audit	Mit Audit	Differenz	Korrigierte Differenz
Beleuchtung	30%	54%	24%***	19 – 21 %***
Wärmedämmung	9%	19%	10%***	10 – 11 %***
Heizung	8%	22 %	14%***	6 – 14 %**
Heizungsoptimierung	7 %	36 %	29 %***	27 – 29 %***

Quelle: Eigene Darstellung nach Schleich et al. (2015). Die Spannweite in der korrigierten Differenz ergibt sich aus den Ergebnissen verschiedener Korrekturverfahren. Alle Gruppenunterschiede sind statistisch signifikant „***“ $p < 0.01$, „**“ $p < 0.05$ und „*“ $p < 0.1$ in einem zweiseitigen t-test.

- **Unternehmen mit Audits setzen signifikant mehr Effizienzmaßnahmen um**
- **Unterschiede je nach Technologie zwischen 10 und 30 Prozentpunkten**

Schleich, Joachim; Fleiter, Tobias; Hirzel, Simon; Schlomann, Barbara; Mai, Michael; Gruber, Edelgard (2015): Effect of energy audits on the adoption of energy-efficiency measures by small companies, eceee 2015 Summer Study.

Wirkung von EMS: Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen

- Analoges Vorgehen bei EMS: Vergleich des mittleren Anteils umgesetzter Maßnahmen in Gruppe mit EMS und ohne EMS
- Daten sind Teilstichproben Effizienzfonds2016 und RE2016

	Ohne EMS		Mit EMS		Differenz
Technologiebereich	N	Umsetzung	N	Umsetzung	Differenz
Elektrische Antriebe	80	44%	72	74%	+30%***
Druckluft	114	61%	86	80%	+19%***
Pumpen	53	43%	64	40%	-3%
Prozesskälte	38	39%	54	46%	+7%
Prozesswärme	60	48%	55	43%	-3%
Gebäudeheizung	112	57%	75	43%	-14 %*
Gebäudehülle	114	42%	77	39%	-3 %
Beleuchtung	125	67%	87	90%	+23%***
IKT	124	43%	80	45%	+2 %

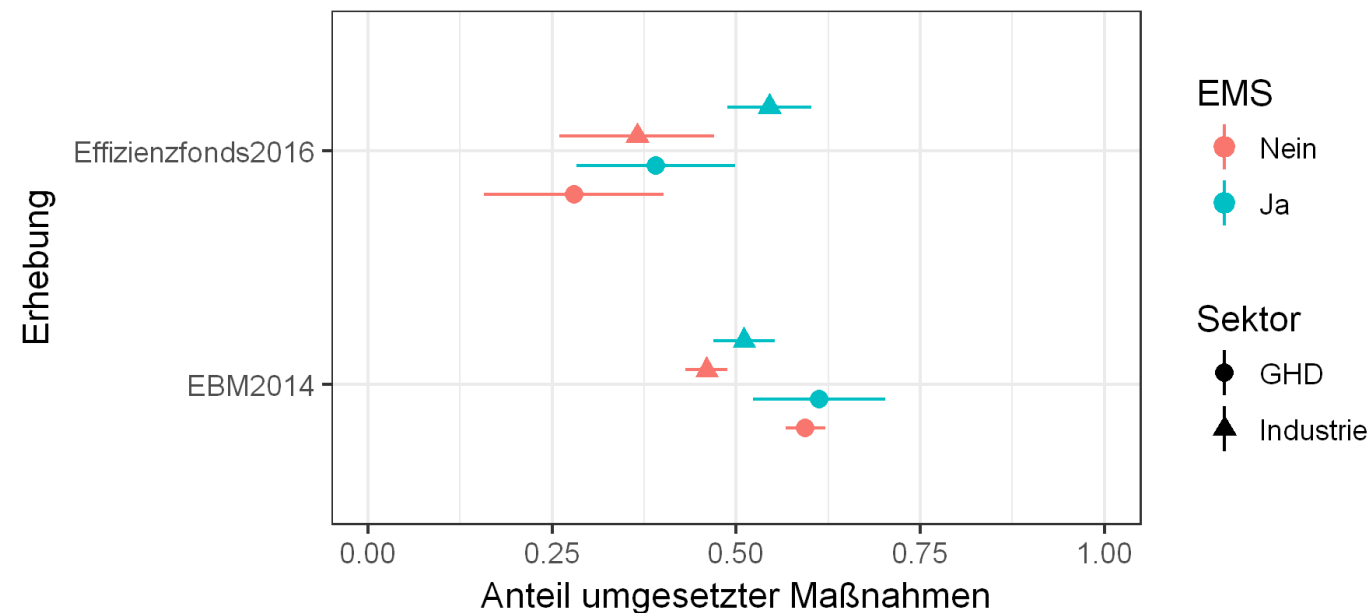
Statistisch signifikant: *** $p < 0.01$, ** $p < 0.05$ und * $p < 0.1$ in einem zweiseitigen t-test.

- Unternehmen mit EMS setzen mehr Effizienzmaßnahmen um
- Datenbasis zu gering für weitergehende Aussagen

Siehe auch Nabitz et al. (2016): Evaluierung des Programms „Förderung von Energiemanagementsystemen“. Bericht im Rahmen des Projekts „Evaluierung und Weiterentwicklung des Energieeffizienzfonds im Auftrag des BMWi.“

Wirkung von EMS: Umsetzung von Energieeffizienz-Maßnahmen

- Gleiches Ergebnis bei Differenzierung nach GHD und Industrie in den Daten Effizienzfonds2016 und RE2016



- **Unternehmen mit EMS setzen mehr Effizienzmaßnahmen um**
- Datenbasis zu gering für weitergehende Aussagen

Unternehmen mit Audit & EMS setzen eher Maßnahmen um

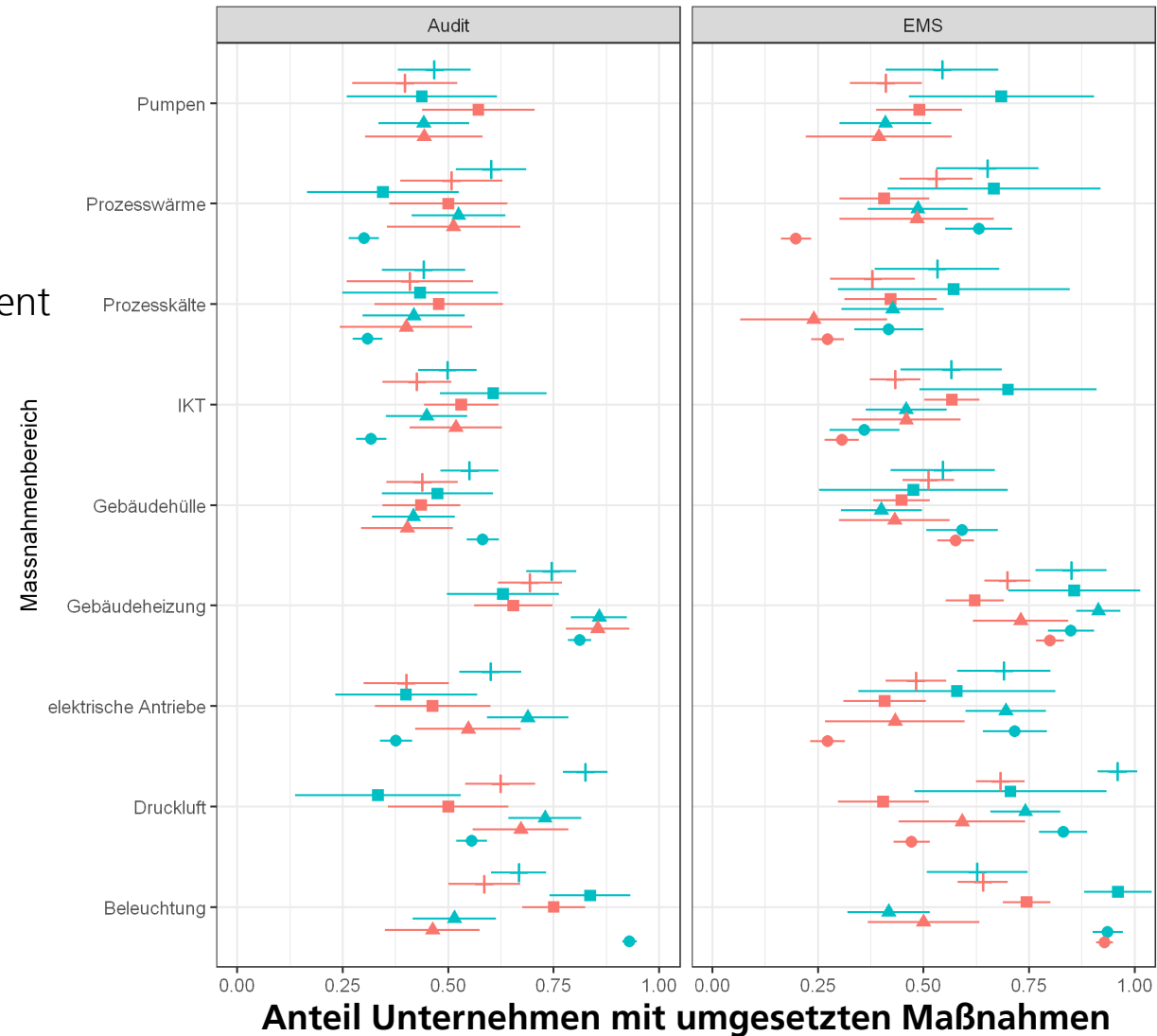
In fast allen Datensätzen und Technologien setzen Unternehmen mit Instrument eher Energieeffizienzmaßnahmen um.

Erhebung

- EBM2014
- ▲ Effizienzfonds2016
- GHD2016
- + RE2016

Instrument vorhanden

- Nein
- Ja



Zwischenfazit zur Wirkung von Audits & EMS

- Trotz methodischer Schwierigkeiten lässt sich deutlich empirisch belegen, dass Unternehmen mit Audits und EMS mehr Energieeffizienzmaßnahmen umsetzen
- Dies gilt sowohl im Vergleich des Anteils von Maßnahmen in Unternehmen als auch im Vergleich des Anteils von Unternehmen mit Maßnahmen
- Ein direkter Vergleich der Maßnahmen ist empirisch schwierig
- Audits und EMS führen daher zu höheren Energieeinsparungen in Unternehmen
- Die Größe der Einsparungen ist mit großen Unsicherheiten behaftet

Diskussion und Fazit

Zusammenfassende Thesen

- **Audits sind in Deutschland weiter verbreitet als EMS**
- **Beide Instrumente sind eher in der Industrie als im GHD-Sektor und eher in größeren als kleineren Betrieben anzutreffen**
- **Audits und EMS sind wirksame Instrumente zur Reduktion des Energieverbrauchs in Unternehmen**

Anteil Unternehmen			
	<i>Industrie</i>	<i>GHD</i>	Gesamt
Audit	54 – 61%	26 – 37%	40 – 50%
EMS	24 – 28%	6 – 10%	18 – 23%
Anzahl Unternehmen ('000)			
Audit	54 – 61%	26 – 37%	40 – 50%
EMS	24 – 28%	6 – 10%	18 – 23%

Offene Fragen für Diskussion

- Wie plausibel sind die Werte zur Verbreitung von Audits und EMS?
- Was sind die Gründe für die Verbreitung von Audits und EMS?
- Wie wird die weitere zeitliche Entwicklung aussehen?
- Sollten wir eine weitere Förderung eher auf EMS fokussieren, da Audits schon weit verbreitet und EMS ein breiteres Instrument ist?
- Wie hoch sind die energetischen Einsparungen durch die Instrumente?
- Welches Instrument ist wirksamer und welches effizienter?

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit!

Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI
Breslauer Straße 48, 76139 Karlsruhe

Dr. Clemens Rohde
E-Mail: clemens.rohde@isi.fraunhofer.de
Tel.: +49 721 6809 442

Dr. Patrick Plötz
E-Mail: patrick.ploetz@isi.fraunhofer.de
Tel.: +49 721 6809 289