IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

平成29年度第1回CPD協議会公開シンポジウム

産業新時代を支える技術者像と人材育成

Industrie 4.0 のためのエンジニア育成 ドイツにとっての機会と課題

株式会社 IRIS 科学・技術経営研究所
Dr. Iris Wieczorek

2017年6月7日

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

目次

1. ドイツのイノベーション政策とIndustrie 4.0
2. 補足: Industrie 4.0の詳細
3. 将来のエンジニア
4. ドイツのエンジニア育成
5. ドイツの機会と課題・・・そして日本は？

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのイノベーション政策と Industrie 4.0

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのイノベーション政策とIndustrie 4.0

グローバル競争力のための挑戦

「大きい」ものが「小さい」ものを
食べてしまうのではなく、

「遅い」ものは「速い」ものに
食べられてしまう。

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのイノベーション政策とIndustrie 4.0

ハイテク戦略とITサミット

ドイツのイノベーション戦略の根本理念

ハイテク戦略

- ✓ 2006年に発表
- ✓ 新しい優先分野の設定とリード市場の創出
- ✓ 産業界と科学界の橋渡し
- ✓ 産業界でのイノベーションのための改良された枠組み

ドイツのIT サミット

- ✓ 2006年に設立
- ✓ ドイツのICT力を束ねるため
- ✓ 6つのWG（Chairs：大臣とCEO)
- ✓ 年中イベント, Keynote:首相
- ✓ 3つのICTライトハウスプロジェクト: IoT、IoS、E-エナジー

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのイノベーション政策とIndustrie 4.0

産業–科学リサーチ連合（Forschungsunion）

ハイテク戦略のための重要機関

優先分野

- 気候/ エネルギー
- ヘルス/ 食物
- モビリティ
- コミュニケーション
- セキュリティ

プロモーターとなるグループ

- 戦略的イニシャティブの開発 (2009-2013)
- イノベーションのドライバと障害の特定
- 研究要件の確立
- ロードマップの作成
- アクションが必要な分野のハイライト

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

連邦政府のアクションプラン

10つの戦略的イニシャティブの選出

Health & Nutrition	Climate & Energy	Mobility	Communi-cation	Security
individualised medicine	climate adapted cities	sustainable mobility	industry 4.0	protection of communi-cation networks
optimised diet	intelligent energy supply		smart services	
society of longer life	renewable resources as an alternative to oil			

Source: BMBF

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのイノベーション政策とIndustrie 4.0

10つの戦略的イニシャティブの指針となる原理

- 社会的課題、重要な情報、コミュニケーション技術のトレンドへのフォーカス
- 市場での成功を一貫して支えること、ドイツの主要産業へのフォーカス

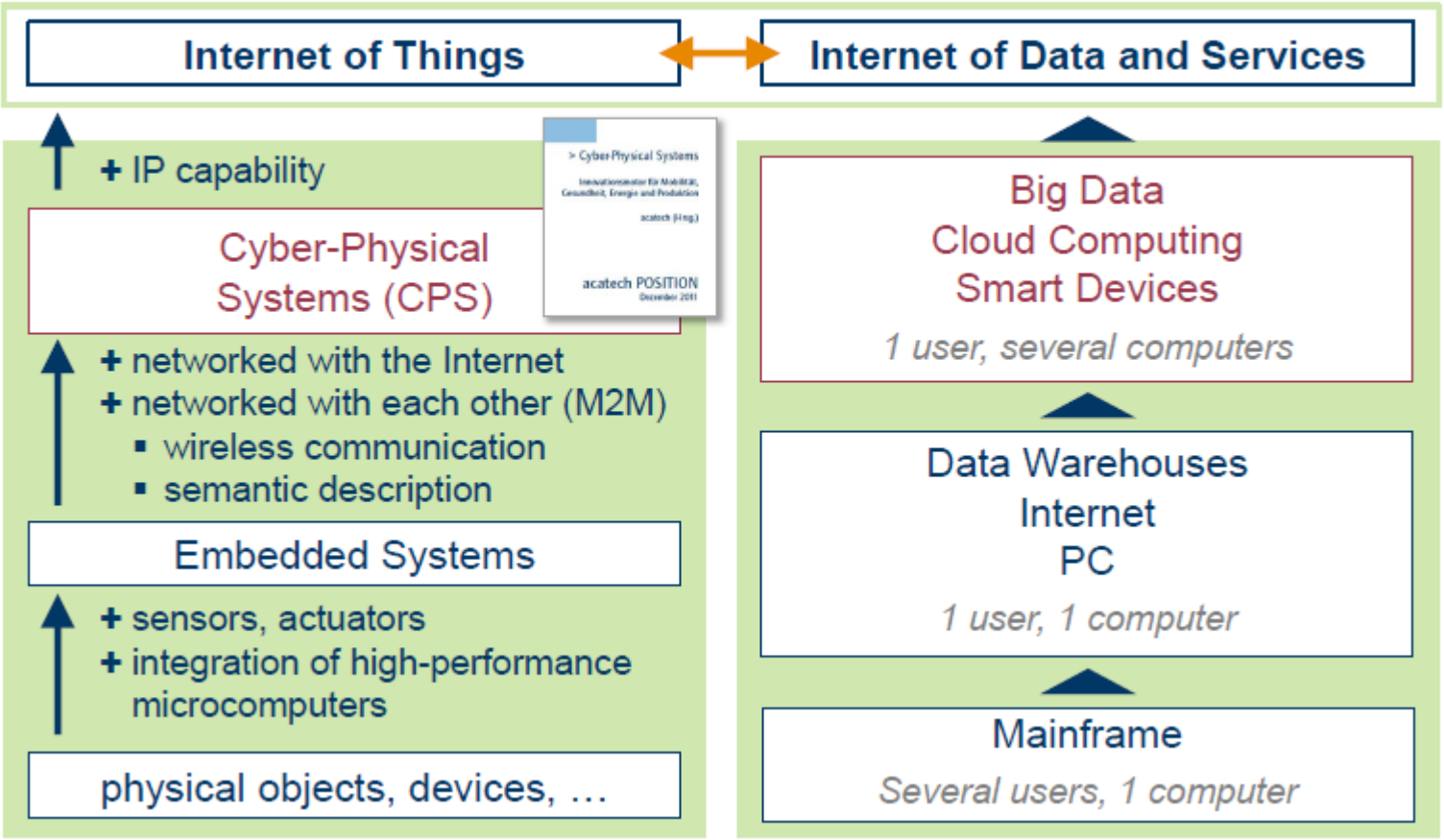
IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのイノベーション政策とIndustrie 4.0

社会的課題

⇒ビジネスと社会のための価値
⇒NGO、労働組合や連合など、全ての市民団体

技術のトレンド



Source: Kagermann, 4th February 2014, London

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのイノベーション政策とIndustrie 4.0

連携のプラットフォーム

2012

- ✓ ワーキンググループ Industrie 4.0
  （acatechとBoschによってコーディネート）
- ✓ Industrie 4.0の公開プレゼンテーション

2013

- ✓ Industrie 4.0実施のための提案事項をドイツ連邦政府へ提出
- ✓ 「プラットフォーム Industrie 4.0」の創設

Source: Kagermann, 4th February 2014, London

ワーキンググループ Industrie 4.0

16の企業、10の協会、2つの労働組合、4つの労働連合

German Academy of Science and Engineering

Coordination: Siegfried Dais (Robert Bosch), Henning Kagermann (acatech)

WG 2: Real Environment

Siemens, Deutsche Telekom, ABB, Deutsche Post, RWTH Aachen, KIT, DGB

WG 3: Economic Environment

SAP, ABB, Hewlett-Packard, Software AG, IDS Scheer, BDI, BIBA Universität Bremen

WG 1: Smart Factory

Wittenstein, Trumpf, Daimler, VDMA, ZVEI, TUM, Fraunhofer IPA, wbk, KIT

Electrical Industry Association

WG 4: Human Beings & Work

BMW, Festo, ZVEI, VDMA, DFKI, TU Darmstadt, DGB

WG 5: Technology Factor

Robert Bosch, Infineon, Bitkom, TU München, Universität Oldenburg, Universität Bremen

Mechanical Engineering Industry Association

Federal Association for Information Technology

Source: Kagermann, 4th February 2014, London

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

プラットフォームIndustrie 4.0

✓ Industrie 4.0には幅広い基盤が必要

⇒・・・社会全体のプロジェクトとしての理解 (“of” & “for” society!)

⇒・・・企業、アカデミア、政界、労働組合の緊密な連携が必要

⇒・・・実践への変化、実際に実施されることが今必要

⇒ プラットフォームIndustrie 4.0

✓ 調整・組織化された移行のためのサポート提供

✓ 競争の前段階において、全ての社会的アクター間でのやり取りのモデレーターと促進役

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

「プラットフォームIndustrie 4.0」の組織

Federal Ministry for Economic Affairs and Energy

Federal Ministry of Education and Research

Chair
Ministers Gabriel, Wanka
Representatives of commerce, trade unions, science

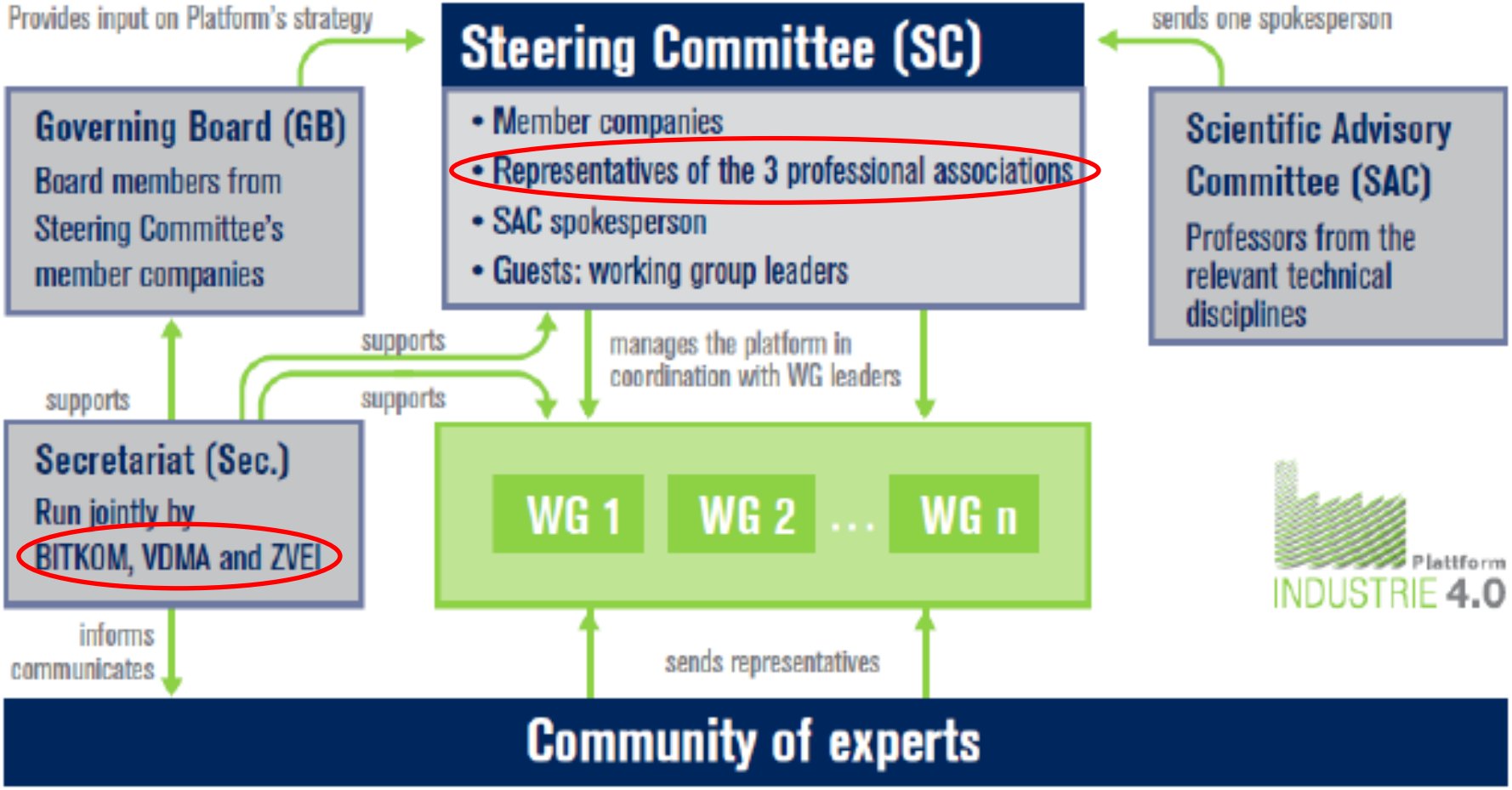
Technical/practical expertise decision-making	Policy guidance, society, multipliers	Activities on the market
Steering body (companies) • Chaired by business representatives, participation of Economic Affairs and Research Ministries • Chairs of working groups, other guests/ promoters Industrial strategy development, technical coordination, decision-making and implementation	**Strategy group** (Government, business, unions, science) • Chaired by StS Machnig, StS Schütte • Representatives of steering body • Representatives of Federal Chancellery, Interior Ministry • Representatives of the Länder • Representatives of associations (VDMA, ZVEI, BITKOM, BDI, VDA, BDEW) • Representatives of trade union (IG Metall) • Representatives of science (Fraunhofer) Agenda setting, political steering, multipliers	**Industrial consortia and initiatives** Implementation on the market: test beds, examples of applications
Working groups • Reference architecture, standardisation • Research and innovation • Security of networked systems • Legal framework • Labour, training • Others as required Working units with technical/practical expertise; participating ministries: Economic Affairs, Research, Interior, Justice, Labour	**Board of Academic Advisers**	**International standardisation** Consortia, standardisation bodies, DKE and others

Secretariat as service provider
Network coordination, organisation, project management, internal and external communication

Status: 13 March 2015

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

「プラットフォームIndustrie 4.0」の組織



Source: Kagermann, 4th February 2014, London

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

「プラットフォーム Industrie 4.0」のステークホルダー

Universities:

- TU Darmstadt
- KIT, WBK
- TU Muenchen
- Universität Oldenburg
- Universität Paderborn
- Jacobs University Bremen
- RWTH Aachen, WZL

Federations:

- ZVEI
- VDMA
- BITKOM
- BDEW
- BDI
- DGB
- IG Metall

Business:

- Robert Bosch GmbH
- WITTENSTEIN AG
- Siemens AG
- SAP AG
- Bosch Software Innovations
- ThyssenKrupp AG
- Deutsche Telekom AG
- BMW AG
- Deutsche Post DHL AG
- TRUMPF Werkzeugmaschinen
- Software AG
- Infineon Technologies AG
- Hewlett-Packard GmbH
- Daimler AG
- Festo AG & Co. KG
- ABB Ltd.
- Giesecke & Devrient GmbH
- Scheer Group

Research Institutes:

- Fraunhofer IAO
- Fraunhofer Institut IPA
- BIBA
- DFKI

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

「Industrie 4.0」最終報告書の提出

Source: Kagermann, 4th February 2014, London

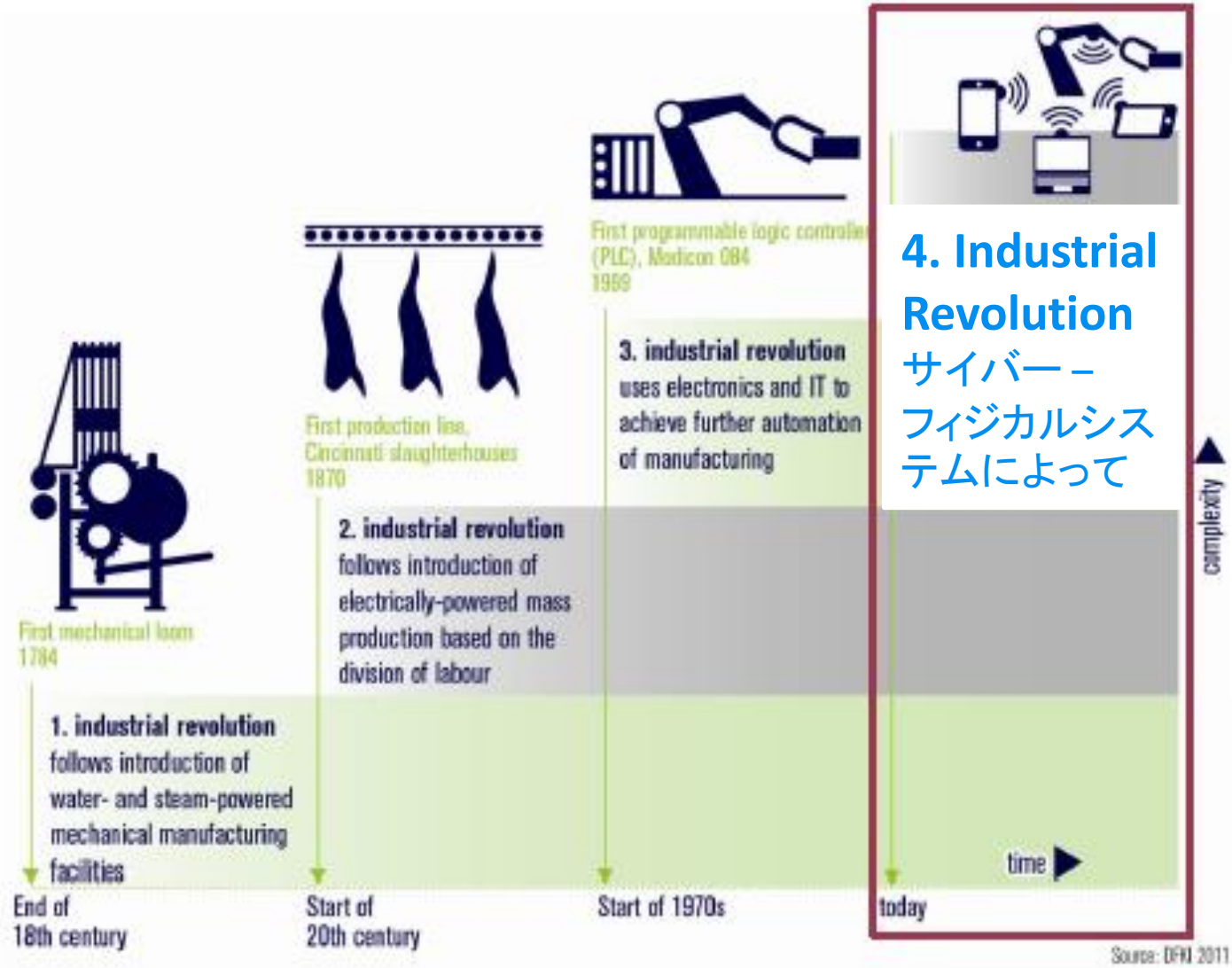
2013年ハノーバーメッセにて、最終報告書がドイツ連邦のメルケル首相とロシアのプーチン大統領によって受領された。

Industrie 1.0 から Industrie 4.0 へ

イノベーションのサイクルのスピードはより一層速くなっていく

⇒ 革命的イノベーションのスピードと複雑性

⇒ 革命は速く、混乱を引き起こし、そして破壊的



- ✓ 人間とスマートオブジェクトの**ネットワーク**
- ✓ 物理世界とバーチャル世界の**融合**
- ✓ **コラボレーション**

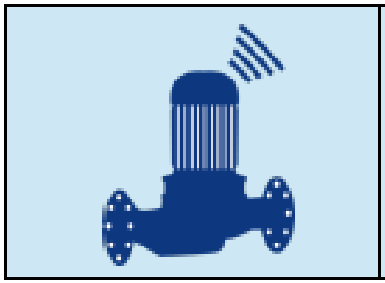
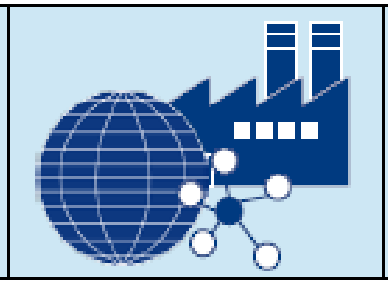
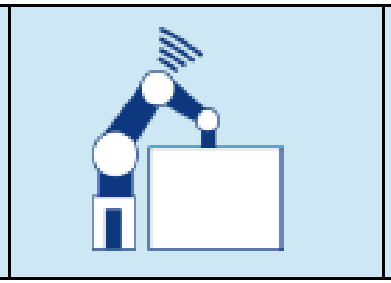
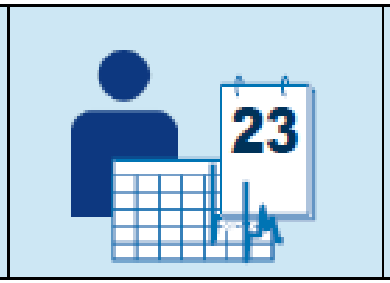
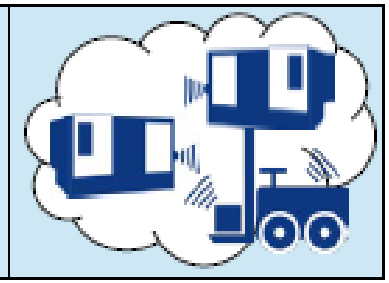
IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

Industrie 4.0 のビジョン

- ✓ 量産時の価格の**個別化**（バッチサイズ1）の現実化
- ✓ 製造の**高度な柔軟化**、生産性の極度な向上（最大50%）、使用するリソースの減少（最大 -50% ）、都市環境との調和
- ✓ ビジネスとエンジニアリングプロセスの**ダイナミックなデザイン**
- ✓ 個々の労働者の可用性を考慮した**仕事と生活のバランス**
- ✓ **スマートアシスタンスシステム**による高齢の労働者のサポート

⇒ **競争力を保持した高所得経済**

Industrie 4.0は根本的なパラダイムシフト。。。

Smart products	Dynamic value chains	Autonomous production devices	Individual capacity plannings	Ad-hoc networking
				
スマート**製品**による生産プロセスの積極的なサポート	伝統的な価値観の鎖からバーチャルなアドホックな組織へ	受動的な事前計画された生産システムから自律的な生産サービスへ	硬直的な労働パターンから労働力の柔軟な配置へ	生産と企業レベルでのアドホックなネットワーキング

- 人間が生産の中心（人間が生産のペースをセット）！
- 集中管理から分散型の自律的なアラインメントへの移行
- 古来の産業セクターの境界の縮小

Source: Kagermann, 2013

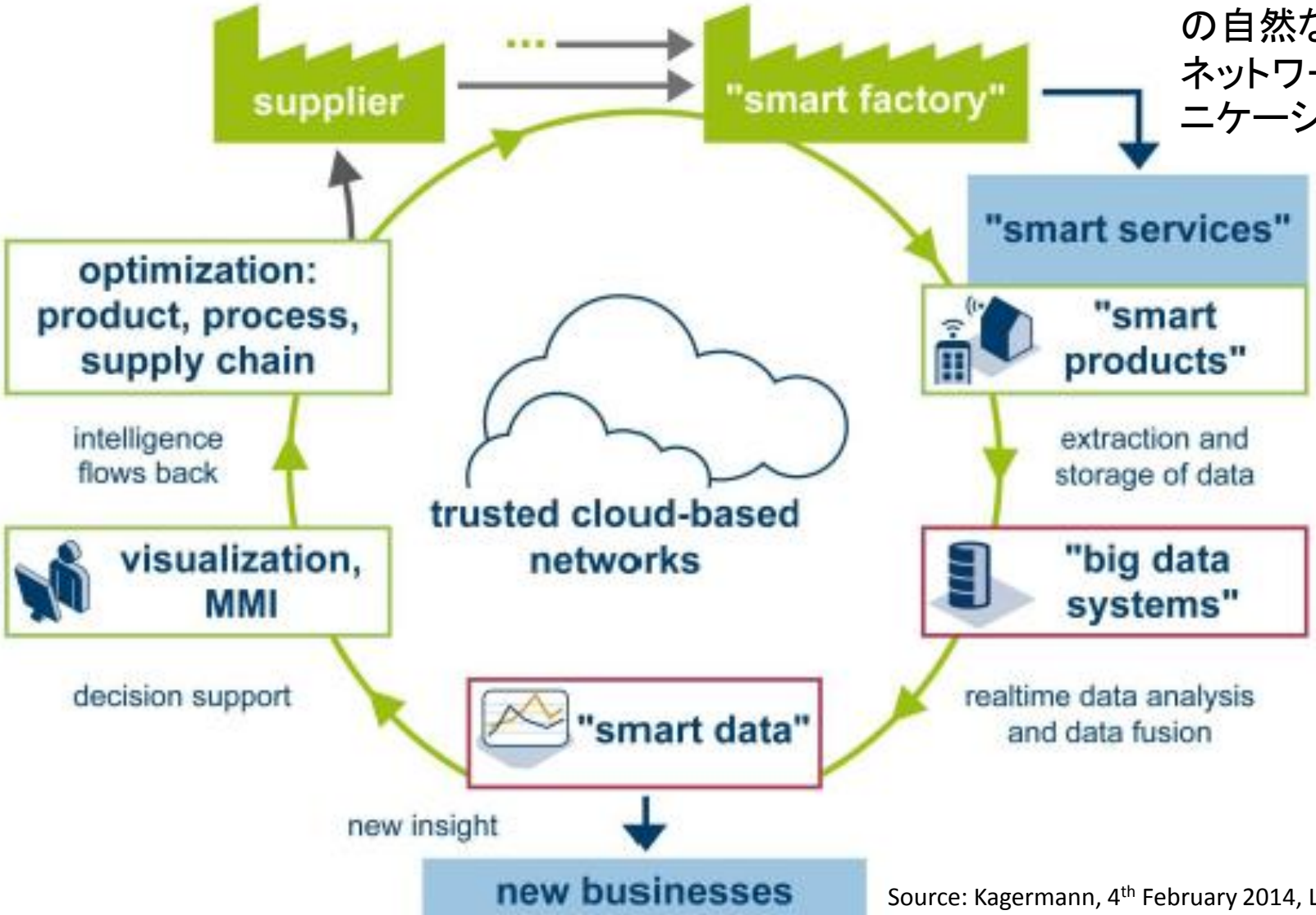
例: 異なるアシスタンスによるサポート

3Dモデルでのナビゲーション

- ✓ 技術増強システムからの**物理的なアシスタンス**
- ✓ マルチモーダルなヒューマンマシンと人間間のインタラクションの**連結作業**
- ✓ **革新的学習システム**: パーソナライズ、モバイル・・・

。。。新しいインターネットベースのサービスとビジネスモデルを可能に

スマート工場では、人間、機会、リソースの自然なソーシャルネットワークでのコミュニケーションが実現



Source: Kagermann, 4th February 2014, London

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

Industrie 4.0 & 中心となる人間

- 関与と意思決定の機会の増加
- 生産に直接関わる労働者の減少、**間接的な仕事**の増加
- **インタラクティブで学際的な労働環境**
- 従業員にとって非常に**変化するコンテンツ**
- **指導と学習の時間の短縮**

⇒ 「ブルーカラー労働者」の減少、**意思決定者**と**経験豊富な従業員**の増加

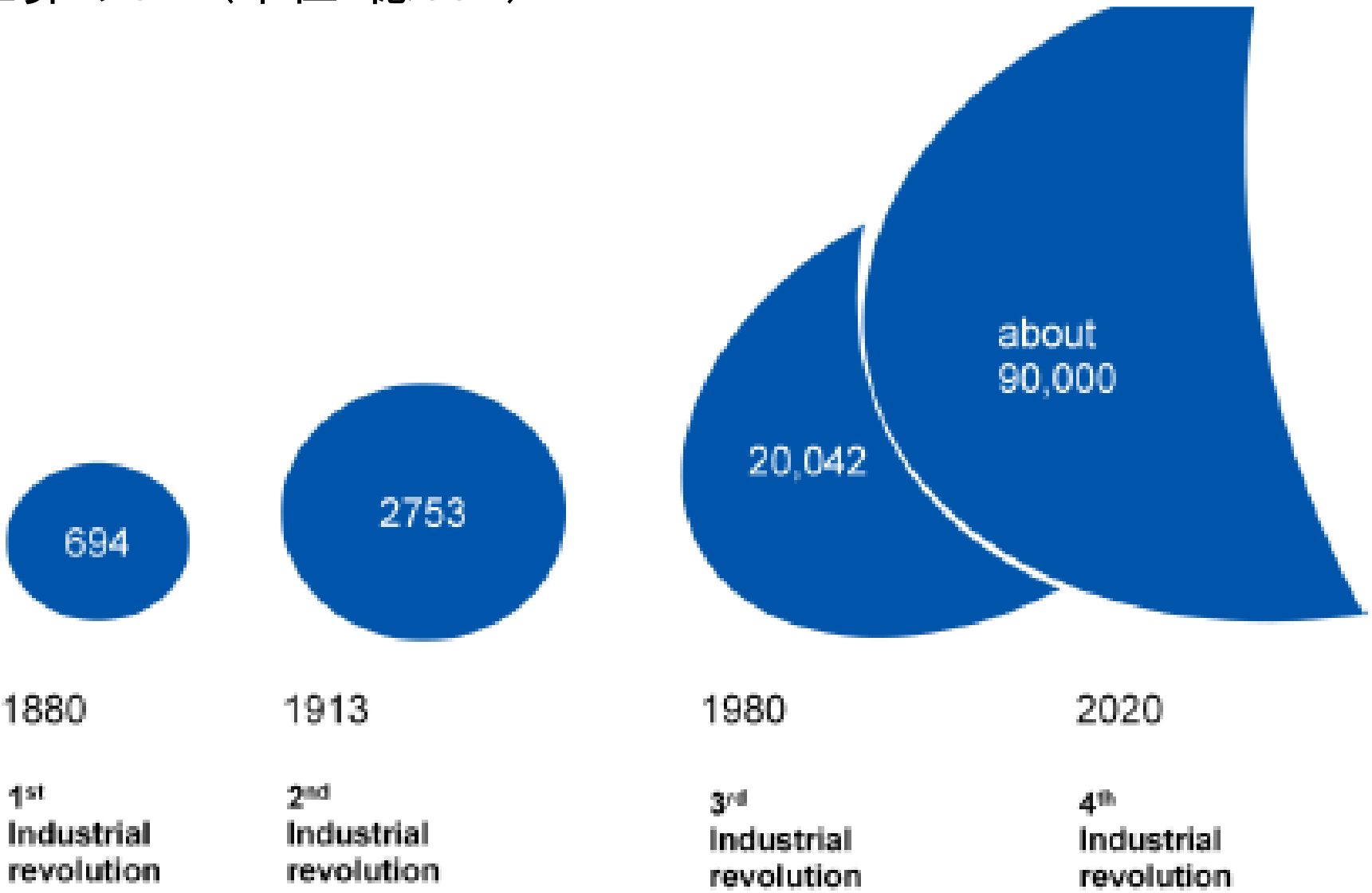
⇒ 硬直的な作業指示の減少、**自己組織化**の増大

⇒ **生涯学習：時間的かつ内容的な柔軟性**

補足：Industrie 4.0に関する詳細

第一次産業革命以降の経済成果の発展

世界のGDP（単位：億USD）



Source: ZVEI, 2013

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツの製造業

・・・サイズと構造共に多様化

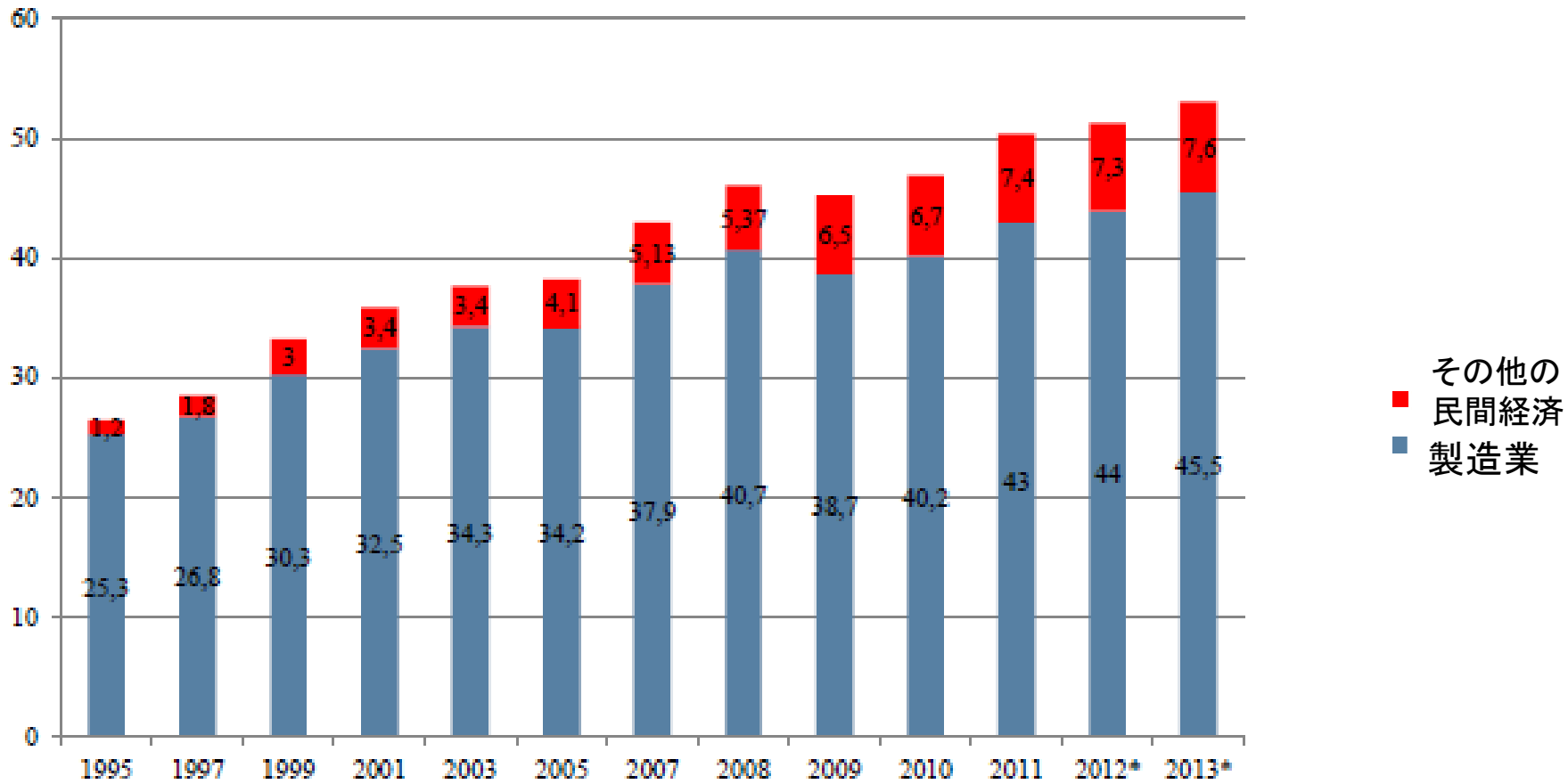
従業員250人未満の中小企業の製造業全体での割合

- 企業数の97.6%
- 従業員数の45.8%
- 製造業売上高の22.2%
- 多くの「隠れたチャンピオン」の存在

- 広範囲への進出
- 研究集約型商品の高い割合
- 地域における「ホットスポット」

技術の進歩の促進役としての製造業

ドイツの民間部門の研究開発費は10億ユーロ



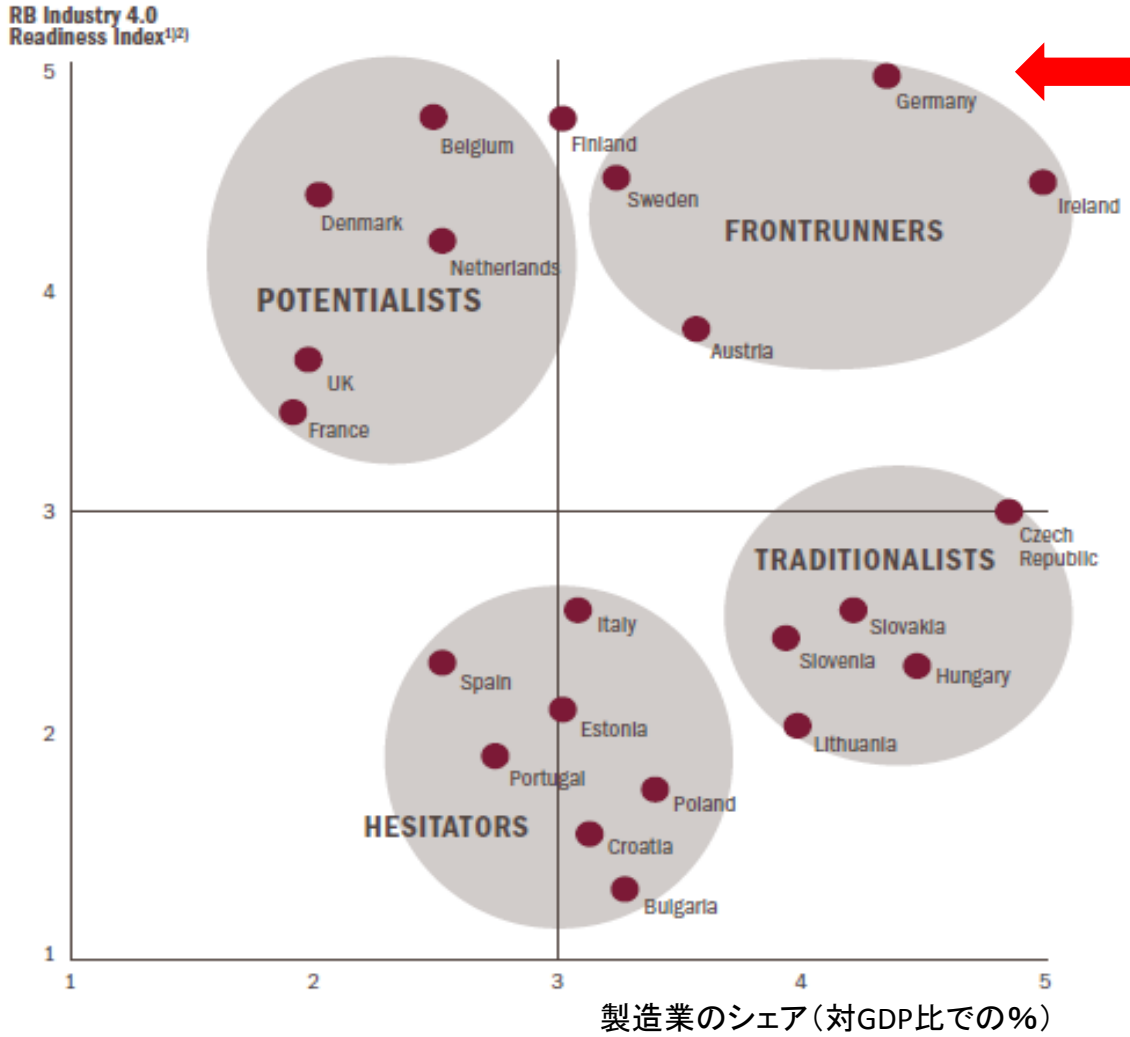
Source: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft. *2012/13: projected estimates

ドイツでのIndustrie 4.0 inの経済的利益
– 年間の増加率（2014年）

	収益	生産性上昇
Mechanical Engineering	+5%	+3 bn. €
Automobile Manufacturing	+3%	+4 bn. €
Food Industry	+3%	+2 bn. €
Other	+2%	+7 bn. €

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

Roland Bergerによる「Industrie 4.0 Readiness Index」



1) 1 – low, 5 – high 2) Adjusted for outliers Cyprus, Latvia, Luxemburg, Romania, Greece

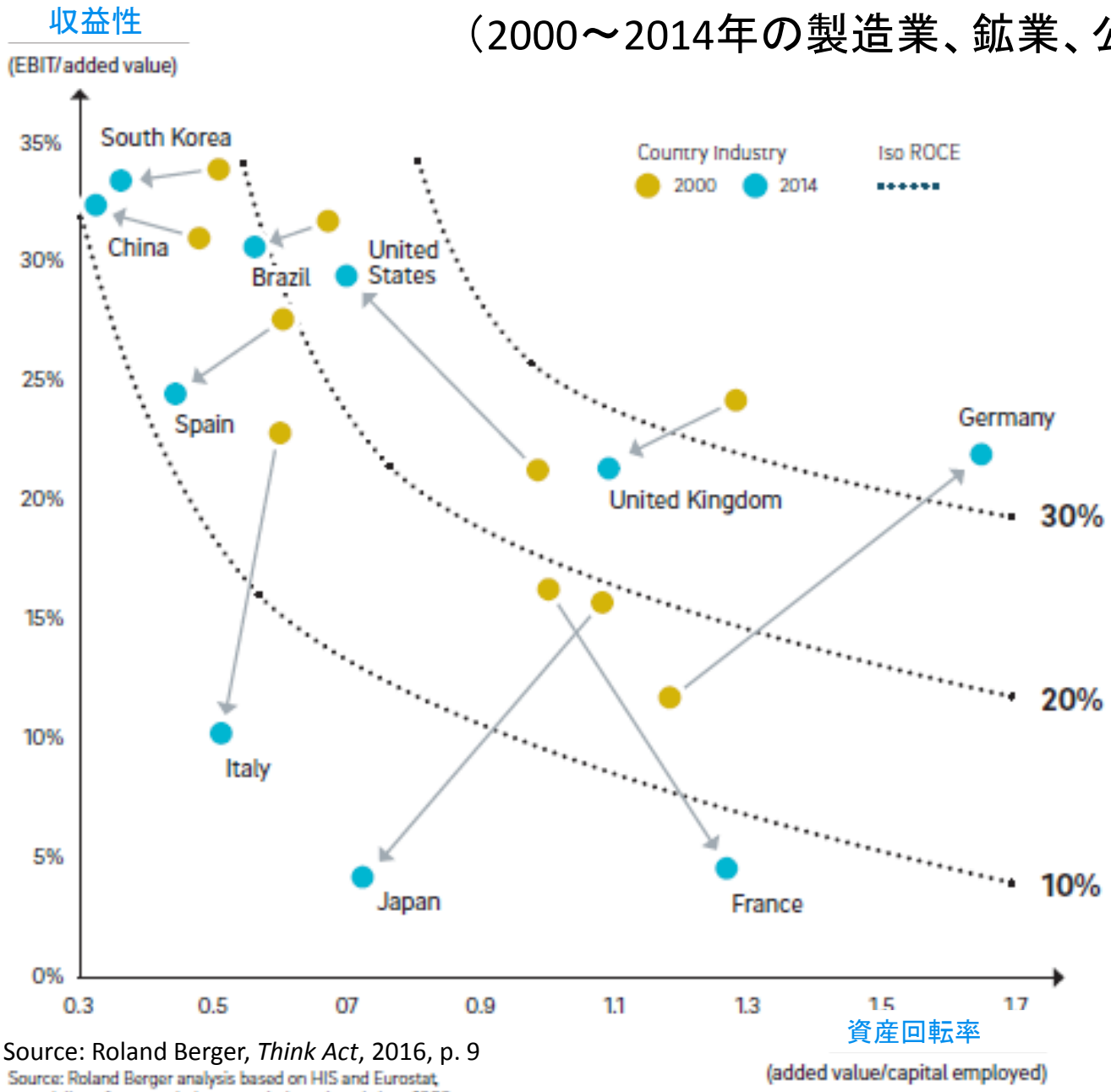
Source: Roland Berger Strategy Consultants, *Think Act*, 2014, p. 13

カテゴリー

1. 「産業エクレレンス」: 生産プロセスの高度化、自動化の度合い、労働力の準備度、革新性の強さ
2. 「価値あるネットワーク」: 高い付加価値、産業のオープン性、イノベーションネットワーク、インターネットの高度化

投下資本に対する国の収益の進化

（2000～2014年の製造業、鉱業、公益事業部門)



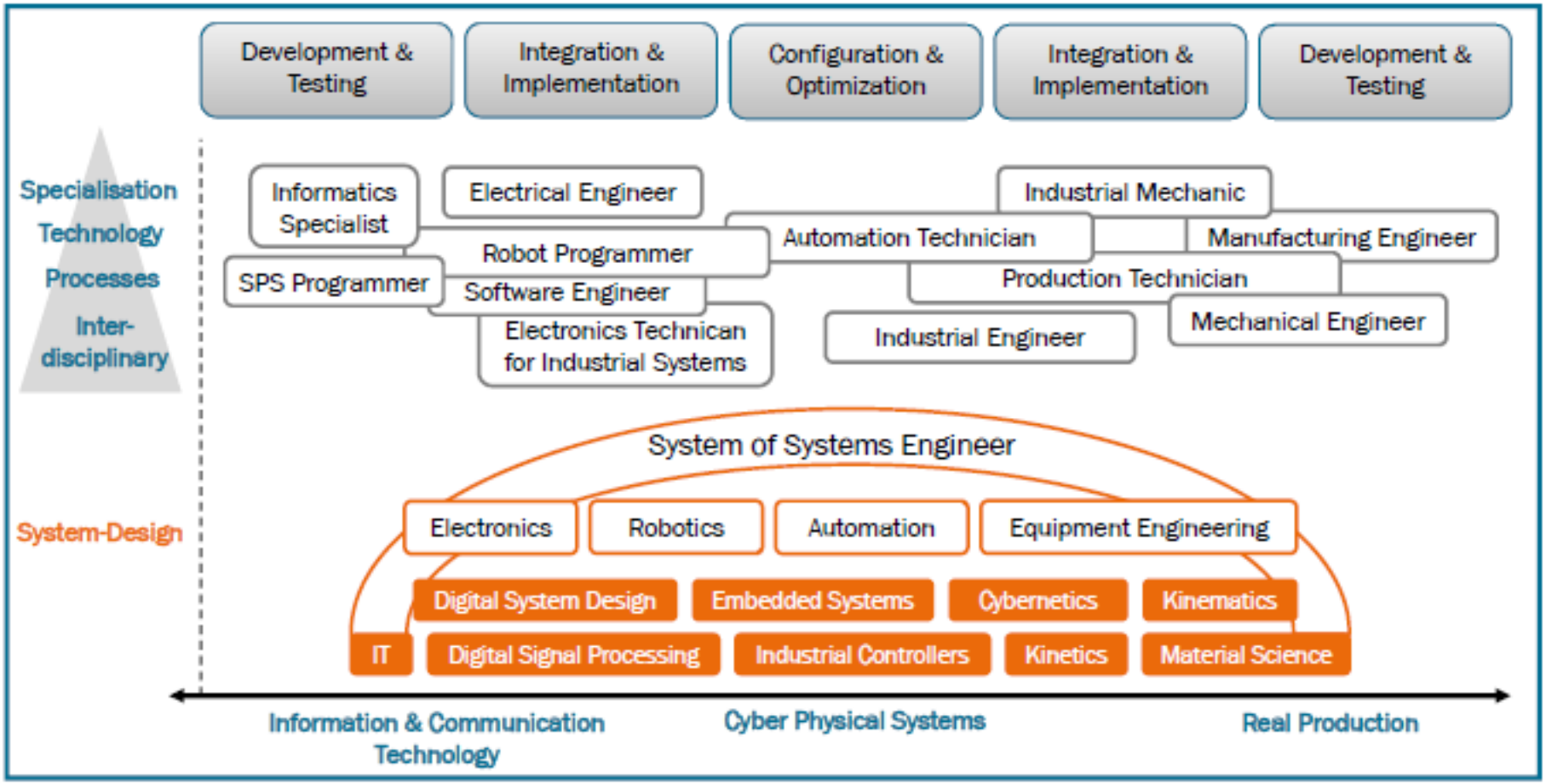
Source: Roland Berger, *Think Act*, 2016, p. 9

Source: Roland Berger analysis based on HIS and Eurostat, remodeling of country industry capital employed since 1980

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

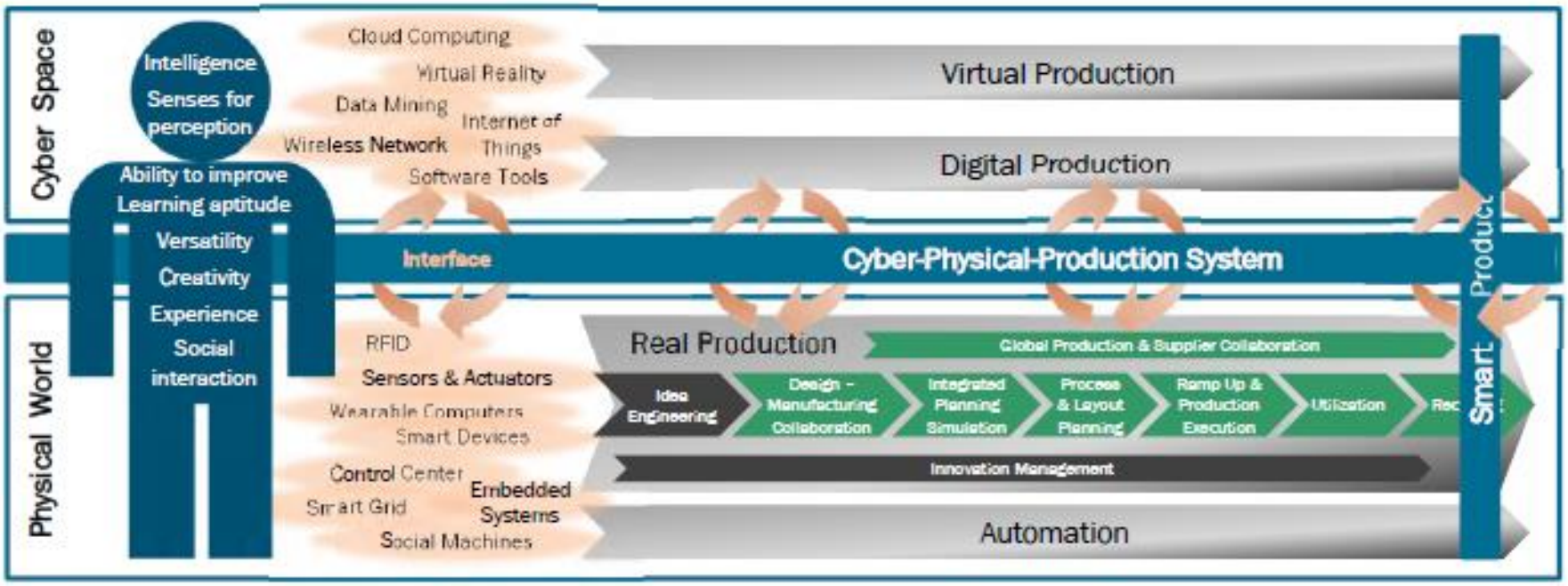
将来のエンジニア

Industrie 4.0
サイバーフィジカルな環境での職種プロファイル（抜粋）



Source: Jäger, Sihn, Ranz, Hummel (o.J.),
ESB Business School Reutlingen/ Fraunhofer Austria Research/ TU Vienna,
Implications for Learning Factories from Industrie 4.0. Challenges for the human factor in future production scenarios

Industrie 4.0
必須能力の要件



ITスキル、システム、インターフェイスに関する能力

システマティックなアイディアとイノベーションマネジメントのための創造性＆メソッドに関する能力

統合された製品、プロセスのプランニング、デザインに関する能力

＋

個人の資質とスキル：セルフ＆タイムマネジメント、急速なイノベーションサイクルへの適応性、リーダーシップ・意思決定・コミュニケーションのスキル、リスクと不確実性への対応、生涯学習の能力

Source: Jäger, Sihn, Ranz, Hummel (o.J.)

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

新しいビジネス思考

物事を別の視点から見るための学習

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのエンジニアリング育成

エンジニアリングと
エンジニア育成 2017

The industry 4.0

PLATTFORM INDUSTRIE 4.0

LES OBJETS DE LA NOUVELLE FRANCE INDUSTRIELLE

Advanced Manufacturing Partnership

las tecnologías IoT de la industria conectada 4.0

BASQUE INDUSTRY 4.0

The challenges

Forschungsunion

Wirtschaft und Wissenschaft begleiten die Hightech-Strategie

acatech

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE AND ENGINEERING

Securing the future of German manufacturing industry

Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0

Final report of the Industrie 4.0 Working Group

- ✓Training and continuing professional development as priority areas for actions within industry 4.0 implementation. (Kagermann, Helbig, Hellinger, & Wahlster, 2013)
- ✓New learning approaches are needed (Abele et al., 2015)
- ✓Sustainable Development and sustainability(WFEO 2016),(UNESCO,2010)
- ✓Strong skills in human relations (Male, Bush, & Chapman, 2010) (WFEO 2016),(UNESCO,2010)

Source: Felipe Baenaa, Alvaro Guarina, JulianMoraa,Joel SauzabSebastianRetatc (o.J.)

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツのエンジニアリング育成
主な特徴

- ✓ 「Made in Germany」のエンジニアリング学位＝国際的に優れた評判
- ✓ 大学での優れた技術施設
- ✓ 幅広い勉強の機会、ますます学際的になる教育
- ✓ エンジニアリング研究所・大学と産業界の密接な関係

  ⇒共生的かつ戦略的な関係

  ⇒学生が現実生活のシナリオで現実の問題を解決するための
  スキルを活用する機会
- ✓ 国内外のネットワーク

Factories are becoming totally digital: engineers simulate, optimise and monitor production processes with the aid of computer networks, such as here at the Technische Universität München (TUM).

Source: DAAD, 2012, *Germany – A great Place for Knowledge*, p. 4

High level of practical relevance: in the production and research hall of the TUM students can practise the construction of assembly lines.

Source: DAAD, 2012, *Germany – A great Place for Knowledge*, p. 5

RWTH Aachenのキャンパスにはいくつかの企業が参入している

1. Heavy Drivetrain Center

2. EON Energy Research Center

3. Next Generation Products+Processes

4. Center for Biohybrid Medical Systems CBMS

5. Carpus+Partner Werkstatt

6. Zentrum für Bio-Medizintechnik ZBMT

7. Integrative Produktionstechnik

8. Fraunhofer ILT/ IPT

9. Center for Windpower Drives CWD

10. Pro_LOG

Further buildings on the Campus Melaten are planned.

© RWTH Aachen Campus GmbH 2013

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

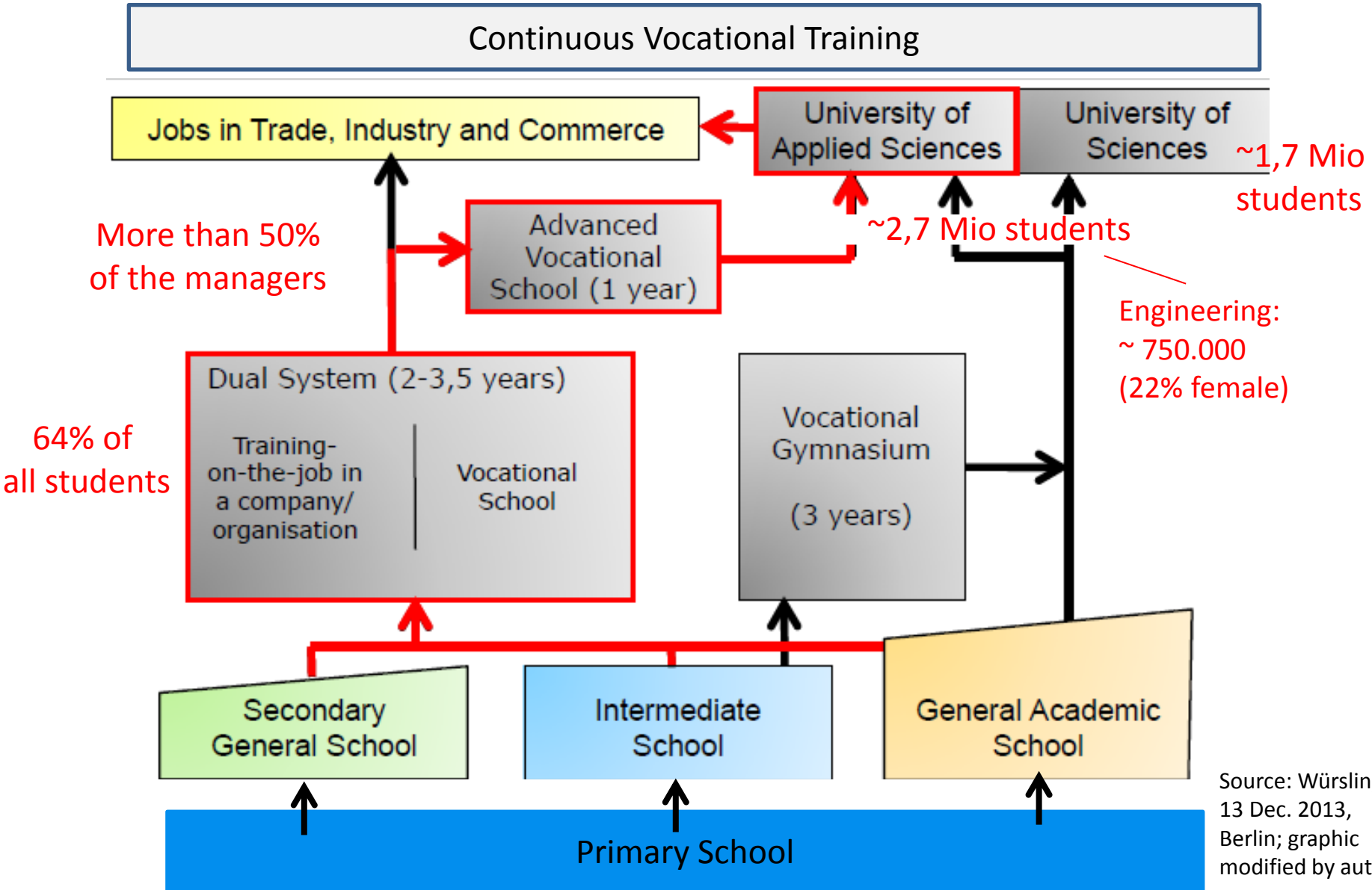
幅広い勉強の機会

- 350の大学（州立）

- 117の研究＆技術大学
- 187の応用科学大学
- 47の美術＆音楽カレッジ

- 私立の大学とカレッジ
（学生全体の4.5%）

ドイツのエンジニアリング育成
職業訓練のデュアルシステム



Source: Würslin, 13 Dec. 2013, Berlin; graphic modified by author

ドイツの異なる種類の大学

University of *Cooperative Education* (Duale Hochschule)	University of *Applied Sciences* (Fach-Hochschule)	University of *Sciences* (Universität)
• small classes • fixed timetables • oriented to practical experience • students are employees of the companies	• small group classes per semester • fixed timetables • students starts with practical experience • theory and practical education	• big classes into the first semesters • liberal structure of study program • academic education with theoretical emphasis

• practical training:
  • half the time in company
	• practical training:
	  • labs and projects during the study
	  • 1 Sem. industrial internship
	  • thesis 6 month in industry
		• practical training:
		  • labs during the study
		  • 12 weeks industrial internship

• degrees:
  • bachelor of engineering
  • master of engineering
	• degrees:
	  • bachelor of engineering
	  • master of engineering
	  • PhD possible in cooperation
		• degrees:
		  • bachelor of science
		  • master of science
		  • PhD

Source: Würslin, 13 Dec. 2013, Berlin

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

応用科学大学の特徴

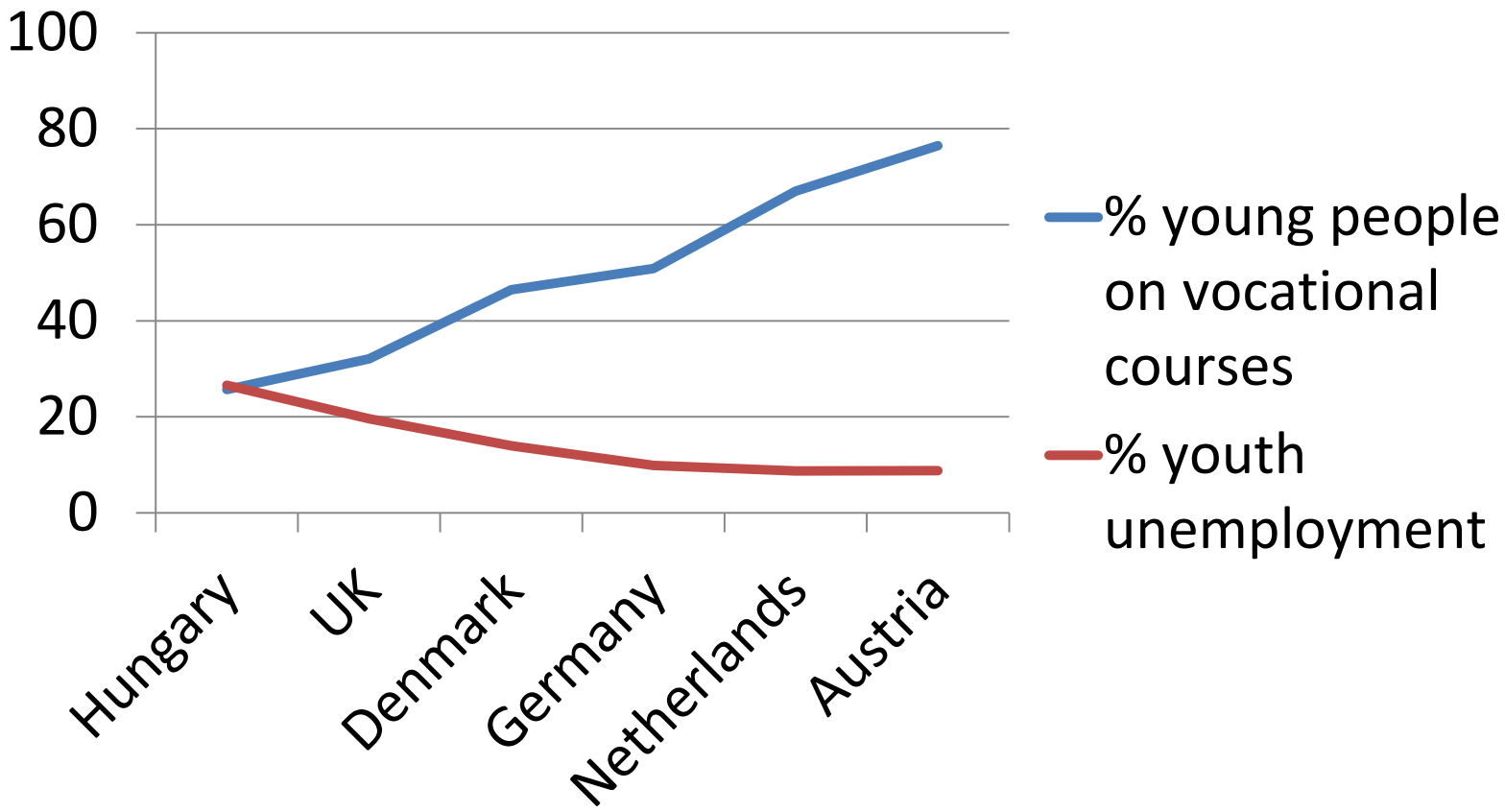
- エンジニアリングの学士・修士課程プログラムへの焦点
- 産業界での経験を有する教授陣
- 産業界からの追加の講師

- 応用研究の研究所とシュタインバイスセンター
- 学生は産業経験からスタート
- 学生に国際的な経験

- 産業界での100日間の実践的なインターンシップ
- 産業界での最終論文（6ヶ月間）
- 学生の就職のための良い展望

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

明確な関連性



IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツの機会と課題･･･そして日本は？

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツにとっての機会と課題・・・

- ✓ エンジニア育成：様々な異なる内容の資格、場所、進路の提供
- ✓ 学歴と職業資格は相反するものではない
- ✓ 職業訓練のデュアルシステムのモデルは将来の良い準備
  （経験的に実証されている！）
  ⇒成功する複雑性と変化のマネジメントを可能に
  ⇒革新的な組織形態を可能に
  ⇒企業の新しい生産技術の可能性を引き出すより大きな力を提供

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

ドイツにとっての機会と課題・・・

- ✓ 実践による学習は何においても最善の方法だが、エンジニアリングにおいては特にそうである
- ✓ 企業による早期の「才能発見」＆学生による「職業」の早期選択！

⇒ イノベーションとそのペースに非常に関連している

- 課題：人口の変化＆学習者が多様であることの要件

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

・・・将来のエンジニア育成のため

企業と大学は緊密なパートナーとならなければならない！

「大きい」ものが「小さい」ものを食べてしまうのではなく、

「遅い」ものは「速い」ものに食べられてしまう。

日本の機会と課題は？

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

Contact

Dr. Iris WIECZOREK
IRIS Science Management Inc.

Cerulean Tower 15F ・Sakuragaokacho 26-1
Shibuya-ku ・Tokyo 150-8512
Phone +81 (0)3 3470-7257 ・ Fax +81 (0)3 4496-6176
Mobile +81 (0)80 3001-5567
www.science-iris.org iw@science-iris.org

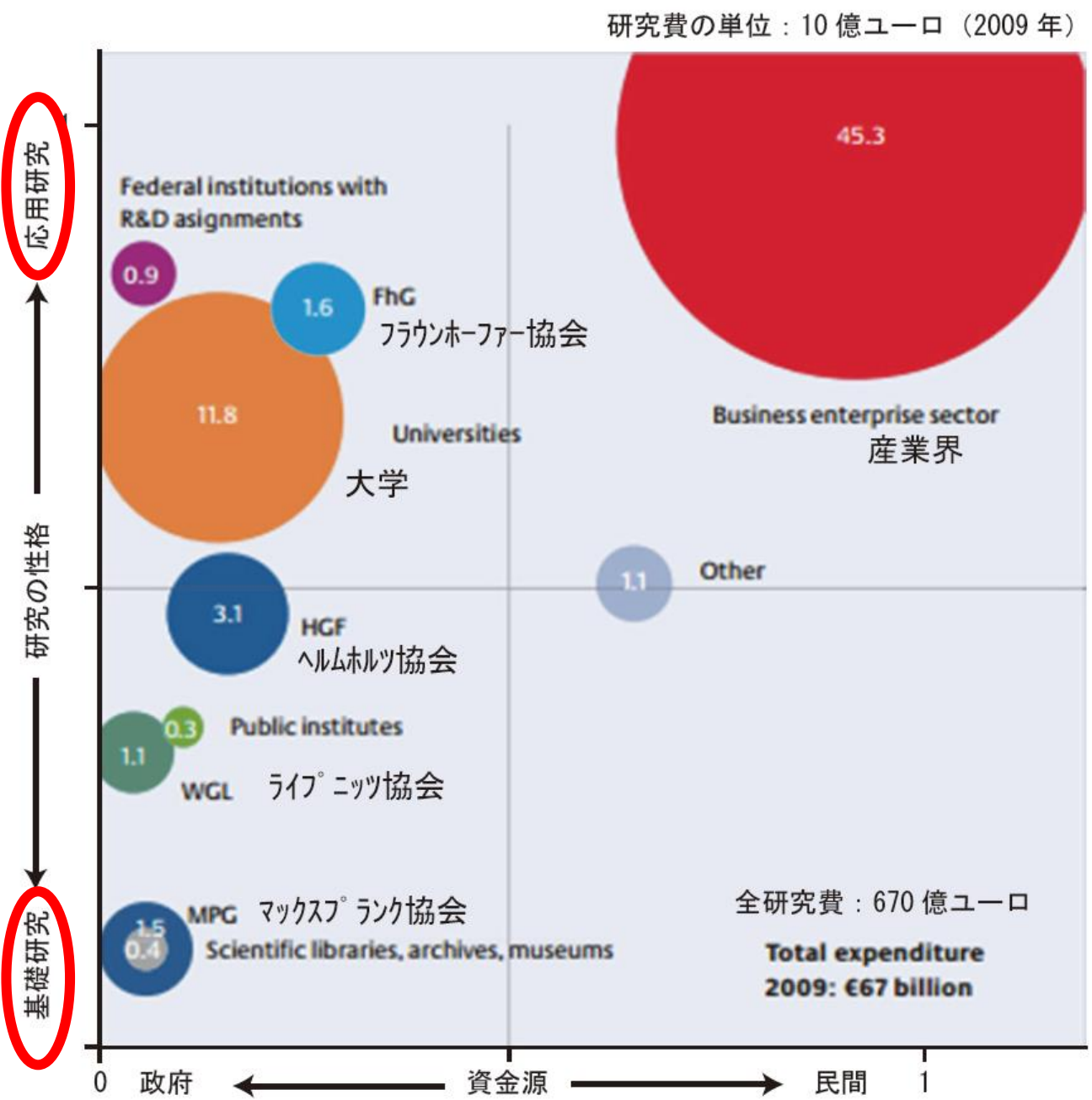
© IRIS Science Management Inc., Iris Wieczorek, Tokyo 2017

IRIS INTERNATIONAL RELATIONS IN SCIENCE

Backup Slide

ドイツの研究機関の位置付け

基礎研究から応用研究まで



出典：Federal Report on Research and Innovation 2012 (Abstract)

産学官連携ジャーナル、Vol. 10 No.5 2014, p 48, JST、永野博