

# 제 4차 산업혁명과 독일제조업 변화

박 상 철

한국산업기술대학교 지식기반기술

에너지대학원

[scpark@kpu.ac.kr](mailto:scpark@kpu.ac.kr)

# 1. 산업혁명 배경

- 생산성 향상을 위한 자동화 (Automation) 및 연결성 (Connectivity) 개념 도입
- 제 1차 산업혁명 (1784년)
  - 기계식 방직기, 기계사용 자동화
  - 스팀엔진
- 제 2차 산업혁명 (1870년)
  - 대량생산체제 발전으로 인한 자동화 향상
  - 생산방식 분업화
  - 전력 및 석유소비를 통한 에너지사용 확대
  - 전기개발과 컨베이어 벨트 사용
  - 표준화 (Standardization) 및 대기업 출현

- 제 3차 산업혁명 (1969년)
  - 디지털시대
  - 아프라넷 (APRANET) 사용 메시지 전송으로 연결성의 획기적인 진보
  - 자동화 진전 (Moor's Law): 컴퓨터 산업 발전
  - 전자기술 및 정보통신 접목으로 인한 자동제어 시스템
  - 다품종 소량생산체제 전환
  - 인간과 기계, 인간과 인간, 기계와 기계 간 자동연결 미흡
- 제 4차 산업혁명
  - 초 자동화 및 초 연결성
  - 공유경제 (Shared Economy): Uber Taxi, Air B & B
  - 가상물리체제 (Cyber Physical System: CPS) (그림 1)

그림 1: 기술변화에 따른 산업혁명 발전단계



출처: 독일인공지능센터 (DFKI), 2011, Industri 4.0 Working Group (2013)

## 2. 제 4차 산업혁명과 독일 인더스트리 4.0

- 제 4차 산업혁명
  - 4대 기반기술 (AI, IoT, Big Data, Robot)
  - 3차 산업혁명 핵심기술인 디지털, 물리, 바이오 간 간극을 융합하는 기술혁명
  - 각 국가의 경제, 산업, 소비, 생활방식, 사회구조 등 시스템 개편 등 인식체계 대전환 (Paradigm Shift)
  - 가상물리체제 (CPS) 구축으로 인한 경제 및 산업부문에 새로운 기회 제공
- 신기술과 기존산업의 융합 사례 (표 1)

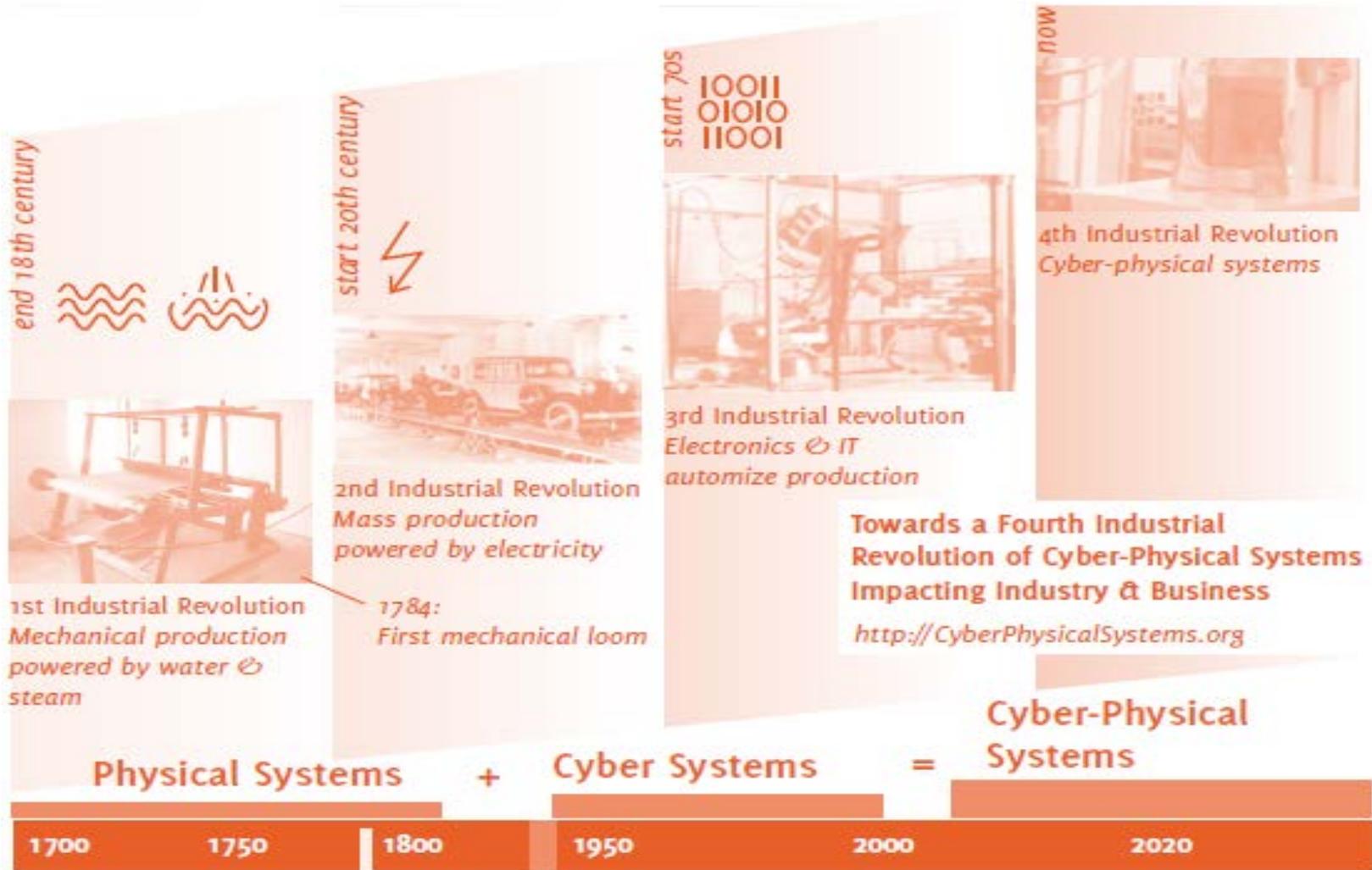
표 1: 제 4차 산업혁명 기반기술과 산업융합사례

|  |   |           |   |  |
|--|---|-----------|---|--|
| 4차<br>산업혁명<br>기반기술<br>(IoT,<br>Big Data,<br>AI,<br>Robotics) | x | 생산        | = | 스마트공장, 지능형로봇, 무인자동차, 드론, O2O, 생산관리, 유통, 소매, 3D프린팅, 블록체인 등  |
|  |   | 금융        |   | 핀테크, AI 기반 여신, 보험, 자산운용, 파이낸스, 보안 등  |
|  |   | 의학<br>바이오 |   | 스마트헬스케어, AI 진단, 개인별 의약품, 개별인 건강·미용 관리, 가사로봇, 케어로봇, 신약개발, 신종작물, 유전자편집, 1차산업 품질관리, 첨단신소재, 바이오에너지 등 |
|  |   | 에너지       |   | 에너지관리, 에너지인프라, 스마트하우스, 스마트커뮤니티 등   |
|  |   | 기타        |   | 교육, 문화, 공공·행정서비스, 사회조직, 국가운영체계 등   |

출처: 일본산업구조심의회, 2016

- 제 4차 산업혁명과 사회 및 경제변화
  - 가상물리체제 (CPS)의 산업 및 사업활동에 영향
  - 지능네트워크체제 및 과정의 기초를 형성하는 생산, 지속가능성, 소비자 만족도 상호 연결 (그림 3)
  - 기기, 기계, 사물 간 연결 및 공장 간, 산업 간, 공정 간 연계 가능
  - 산업 간 경계가 사라지고 이종 산업 간 경쟁 가능
  - 노동부문 양극화 및 소득불평등 확대
- 소규모 고급인력 기업의 부가가치 창출 극대화 (WhatsApp, 240억 달러, 55명)
- 첨단기술창업 기업 발전 가능성 극대화

그림 3: 제 4차 산업혁명과 가상물리체제



출처: Bloem et al. 2014

- 인더스트리 4.0
  - High Technology Strategy 2020
  - 전통제조업 (자동차, 기계산업) + 정보통신산업 = 스마트공장 (Smart Factory) 건설
  - 생산공정, 조달 및 물류, 서비스 통합 관리
- 제조업 환경변화
  - 사회 및 문화적 변화
    - 출산율 저하 및 고령층 경제활동 증가
    - 개발도상국 (중국, 인도) 제조업 인구 증가 (표 2)
  - 기술변화
    - 제조업의 서비스화 가능 (표 3)

표 2: 주요국 생산인구 비율변화 추이 및 예측 (1990년~2040년, %)

출처: United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015)

| 국가 | 1990 | 2000 | 2010 | 2020 | 2030 | 2040 |
|----|------|------|------|------|------|------|
| 미국 | 65.8 | 66.3 | 67.1 | 64.3 | 61.0 | 60.4 |
| 독일 | 68.9 | 68.1 | 65.8 | 64.0 | 58.7 | 55.7 |
| 일본 | 69.7 | 68.2 | 63.8 | 58.8 | 57.1 | 53.3 |
| 한국 | 69.4 | 71.7 | 72.7 | 70.7 | 63.0 | 56.8 |
| 중국 | 64.9 | 67.5 | 73.5 | 70.1 | 68.0 | 63.4 |

표 3: 각 산업혁명 별 제조업 혁신 비교  
출처: 현대경제연구원, 2013

| 구분   | 1차 산업혁명 | 2차 산업혁명   | 3차 산업혁명    | 4차 산업혁명                      |
|------|---------|-----------|------------|------------------------------|
| 시기   | 18세기 후반 | 20세기 초반   | 1970년 이후   | 2020년 이후                     |
| 혁신부문 | 증기의 동력화 | 전력, 노동분업  | 전자기기, ICT  | ICT와 제조업 융합                  |
| 소통방식 | 책, 신문 등 | 전화기, TV 등 | 인터넷, SNS 등 | 사물인터넷 (IoT), 서비스 간 인터넷 (IoS) |
| 생산방식 | 생산기계화   | 대량생산      | 부분 자동화     | 시뮬레이션을 통한 자동생산               |
| 생산통제 | 인간      | 인간        | 인간         | 기계                           |

## ➤ 경제 및 생태학적 변화

- 신흥국 제조업 경쟁력 향상
- 기존 제조업 강국의 경쟁력 하락 (그림 4, 5)
  
- 사물인터넷 연결기기 증가 (2009년 9억대, 2020년 260억대)
- 제조업 공장 내부 및 외부 네트워크 강화로 생산공정 최적화 달성

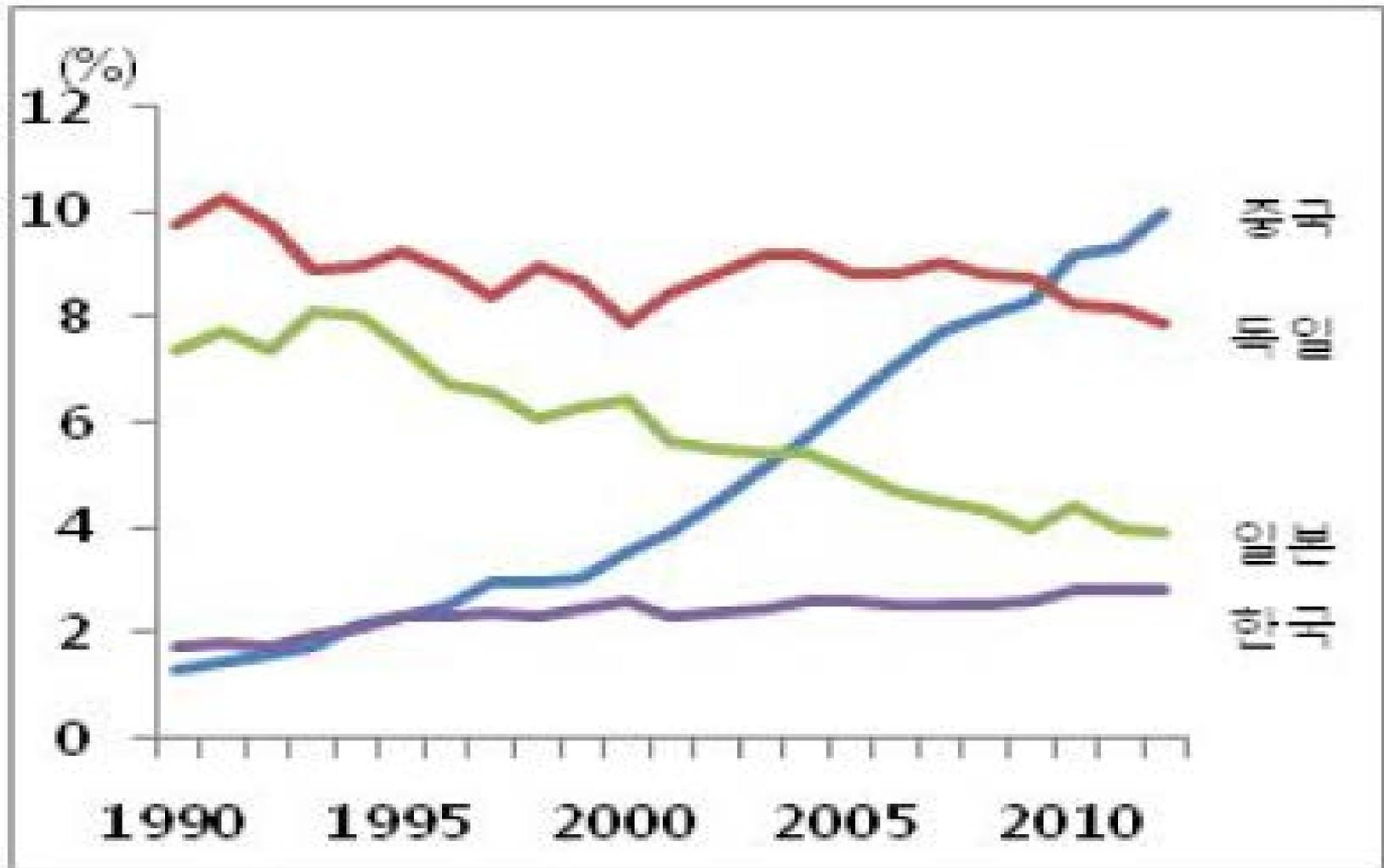
## ➤ 생산방식 변화

- 스마트생산, 그린생산, 도심형 생산 (그림 6)
- 스마트공장 운영 (그림 7)

## ➤ 정치적 변화

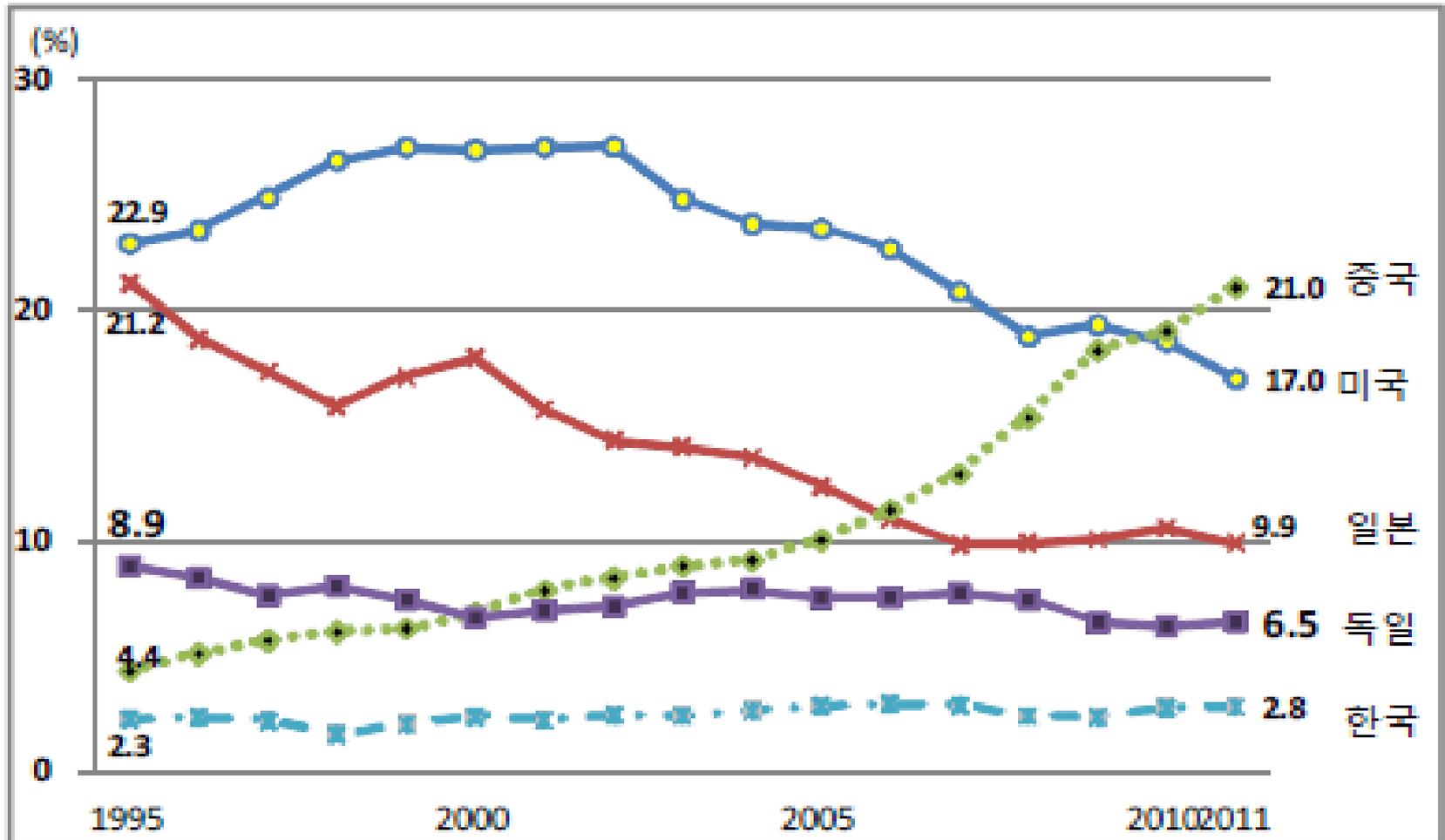
- 선진국 제조업 활성화 정책
- 미국 (Re-shoring Policy), 독일 (HTS2020), 일본 (산업재흥플랜)

그림 4: 글로벌시장에서 주요국 상품수출 비중



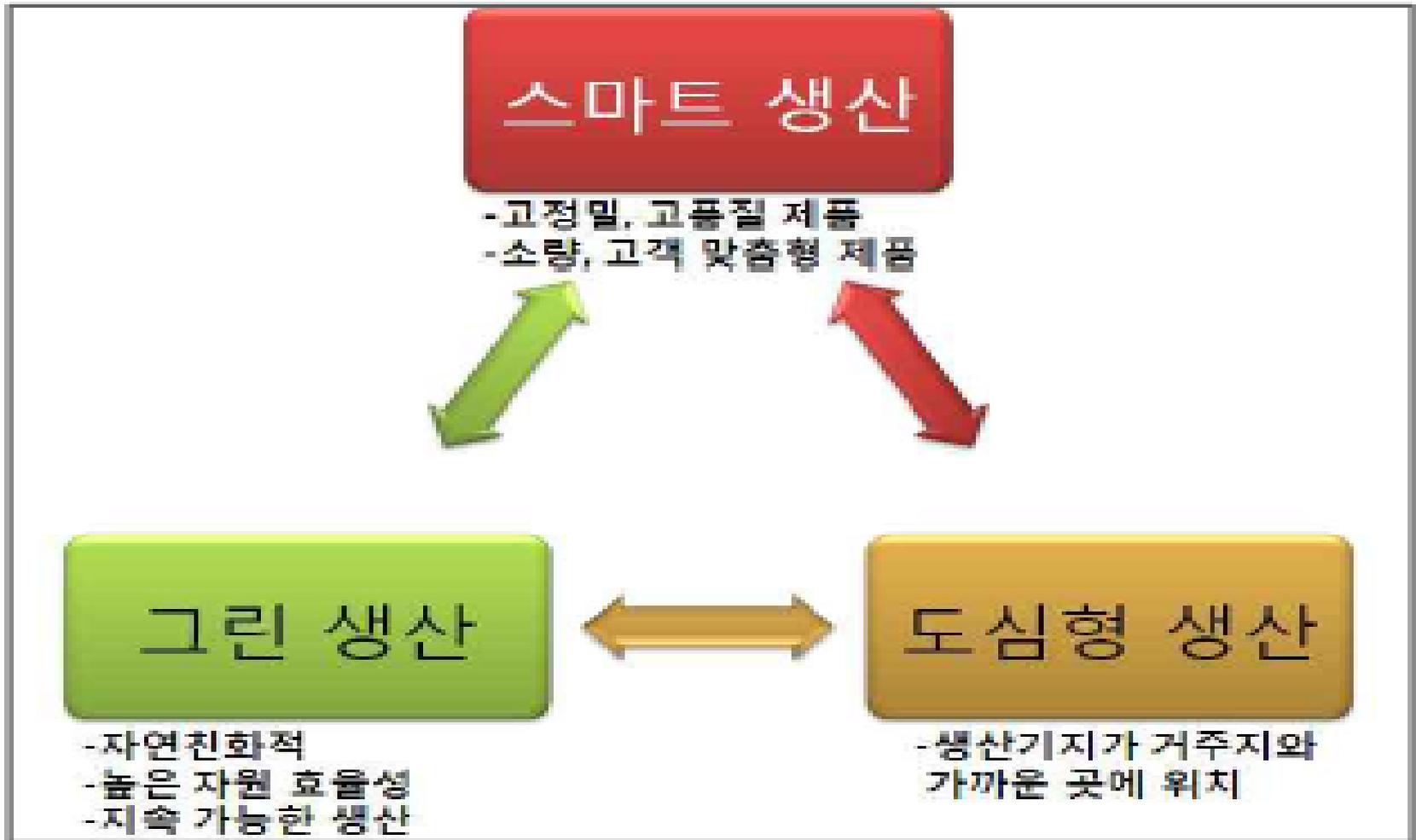
출처: World Bank, 2014

그림 6: 세계 제조업 부가가치 중 주요국 비율 (1995년~2011년)



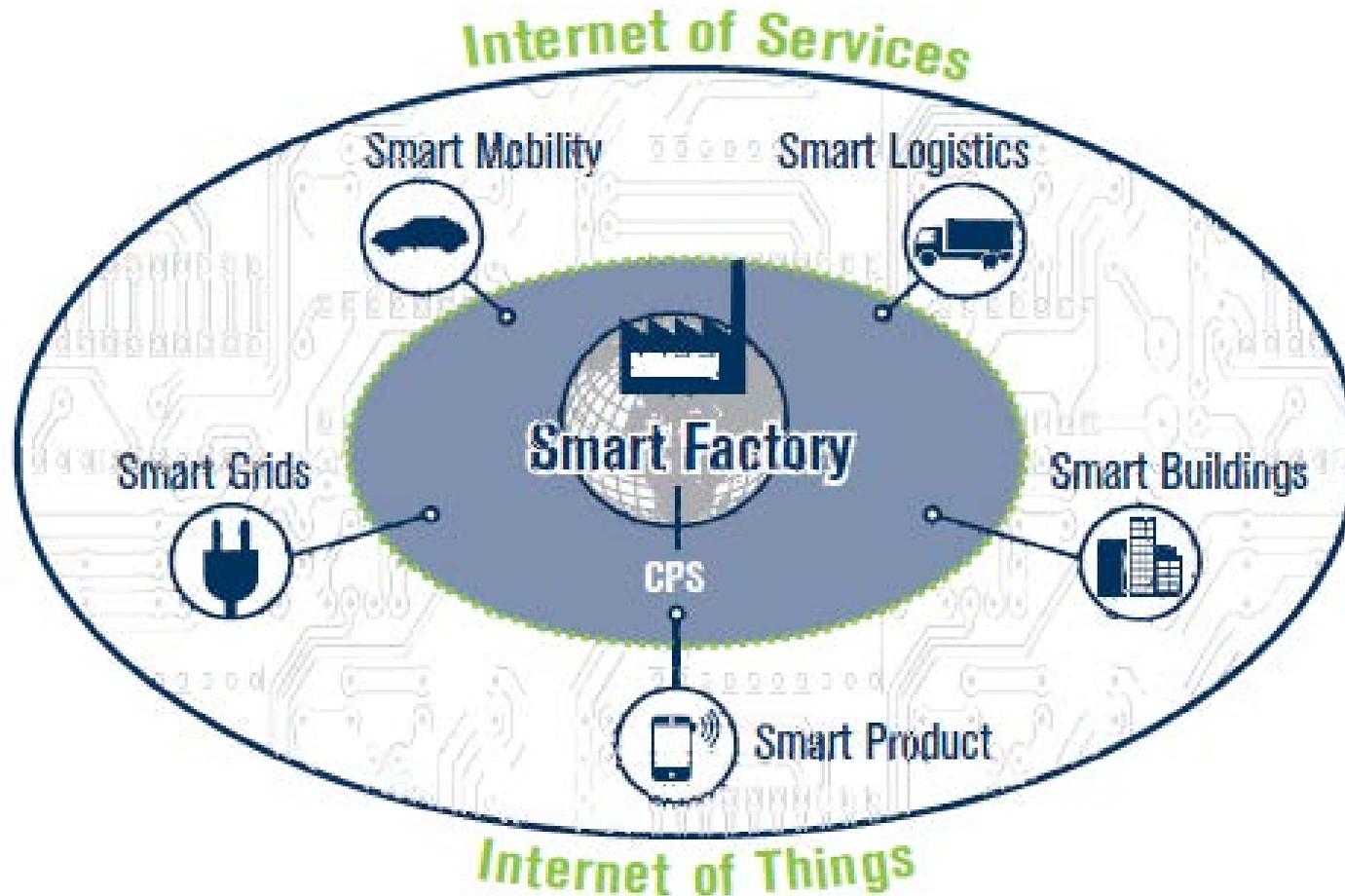
출처: United Nations, World Bank, 2013

그림 6: 인더스트리 4.0 생산방식



출처: W. Wahlster, 2013, Industry 4.0에서 재인용

그림 8: 인더스트리 4.0과 스마트공장 운영



출처: Federal Ministry of Education and Research, 2013

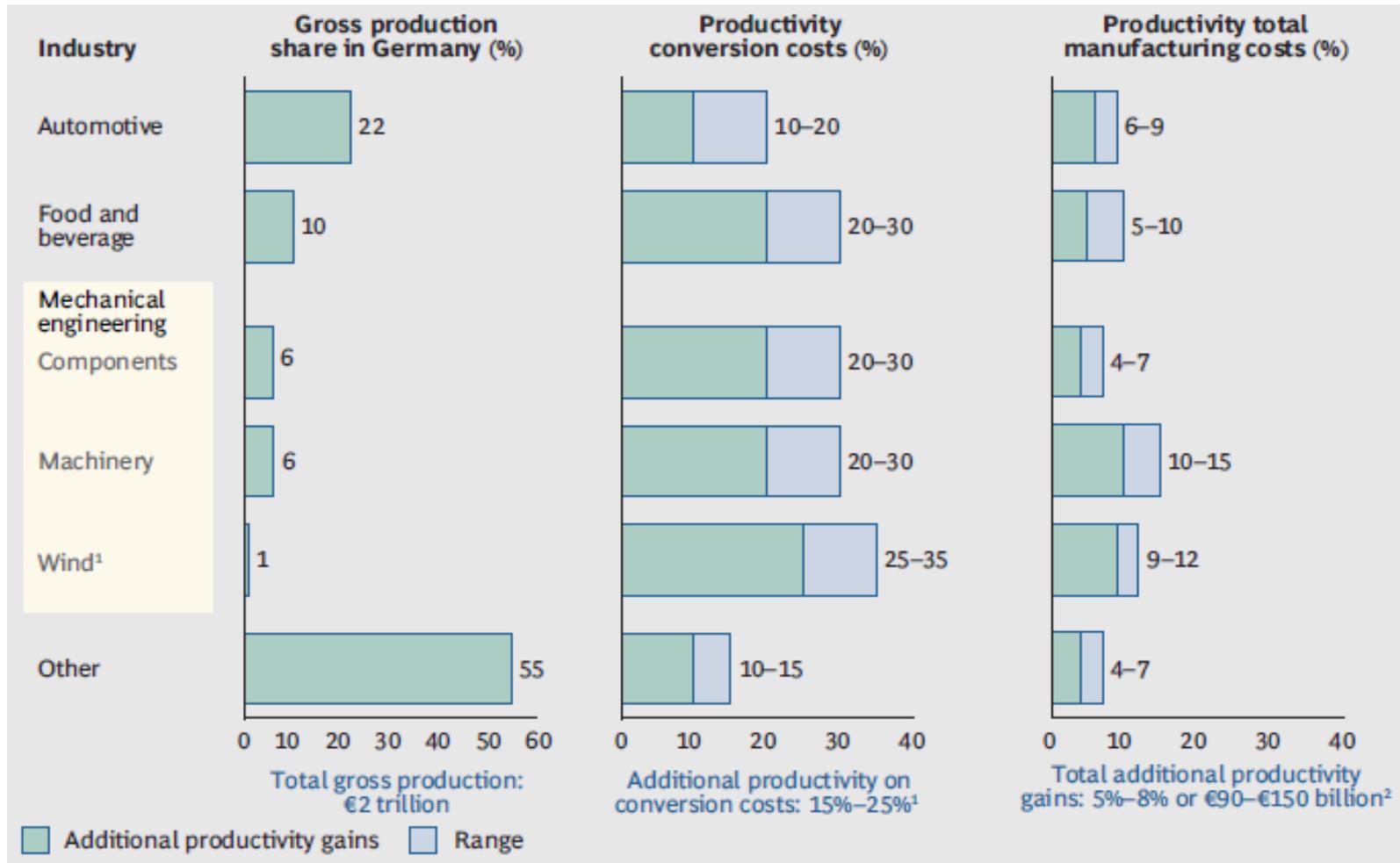
### 3. 인더스트리 4.0과 제조업 변화

- 소비자 맞춤형 대량생산 확대
  - 제조방식 및 디자인 실시간 변화
  - Bosch 고객맞춤형 연료분사장치 (Fuel Injector) 생산, Adidas 전자동 생산, Siemens 전자동 생산
  - 3D 복사기술 적용
- 사전 시뮬레이션을 통한 자원효율성 향상
  - Siemens Totally Integrated Automation (TIA): 전체 통합자동화 시스템 소프트웨어 개발
  - 생산공장 레이아웃 점검, 제어설계, 생산시뮬레이션, 가동모니터링 등 전체 시스템 구성
  - 고객주문, 맞춤형 생산관리, 제고 및 유통관리, 고객사 이송 및 사후관리 등 총체적 엔지니어링 구축

- 제조업의 서비스화
  - 전문고용인 노하우 디지털화
  - 전문고용인과 미숙련 고용인 원격연결
  - 지식공유 및 원격교육
  - 가상 (AV) 및 증강 (AR) 기술로 원격리 현장교육
  - 장거리 생산공장 원격조정 및 보수
  - App Store: 설비 모니터링, 장비 원격제어, 소프트웨어 원격갱신
  - 제조업의 서비스제공으로 고객과 중장기 신뢰구축
- 도심형공장과 업무유연성 극대화
  - 제조업 고용인 재택근무
  - 도심형 산업단지
  - 스마트시티 구축
  - 고용인 업무 질적 능력 요구, 자율권 확보

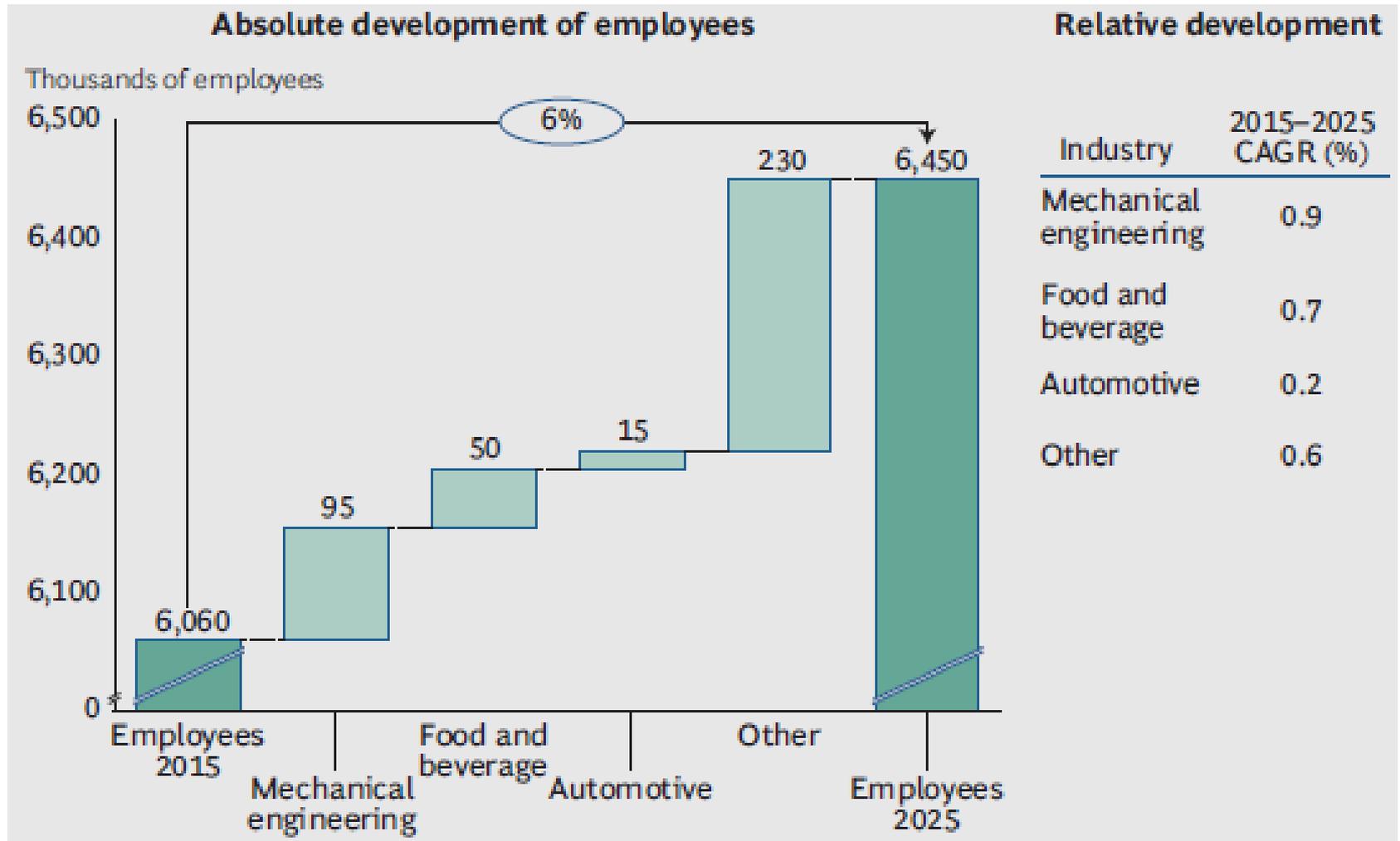
- 제조업 변화 분석
  - 차세대 정보통신기술
    - 정확한 수요예측, 맞춤형 소량 및 대량생산 가능
    - 제품, 생산공정, 서비스부문 빅 데이터 축적
    - 신규 서비스산업 및 부가가치 창출
  - 스마트 생산방식
    - B2B 서비스 확대
- 가상물리체제 (CPS) 구축 효과
  - 화학산업 (30%), 기계산업 (15%), 자동차산업 (9%) 생산성 증가 (그림 9)
- 독일 제조업 경제적 이득
  - 생산성 향상을 통하여 2015년 후 10년 간 제조업 비용 5%~8% 감소, 900억 유로~1,500억 유로
  - 독일 GDP의 1%, 고용창출 (390,000명), 신규투자 (2,500억 유로) (그림 10)

그림 11: 인더스트리 4.0과 독일산업 별 생산성 변화 (2015년~2025년)



출처: Federal Statistical Office, 2015, BCG Analysis, 2015

그림 12: 인더스트리 4.0이 미치는 독일제조업 고용창출 (2015년~2025년)



출처: Federal Statistical Office, 2015, BCG Analysis, 2015

## 4. 결론

- 4차 산업혁명의 생활화
- 인더스트리 4.0과 스마트공장 구축
- 자본투자와 인재양성을 통한 높은 진입장벽
- 스마트시티 건설로 가상물리체제 완성
- 제조업 중요성 재인식

# Asiens næste tiger

AF PETER HARMSEN

**D**AVAO, Filippinerne – Tæt ved millionbyen Davao i den sydlige del af Filippinerne er forretningsmanden Jonathan Suy ved at opføre et 15 hektar stort forarbejdningsanlæg for fjerkræ. Han investerer, hvad der svarer til over 200 millioner danske kroner, og han er overbevist om, at pengene er godt givet ud.

For der findes over 100 millioner filippinere, de allerfleste kyllingespisende. Og mod syd, omme bag det dybe Celebes-hav, bor der en kvart milliard indonesere. De 1000 ansatte, som herinud årets skatning vil betjene det skinnende nye apparatur på Suis fabrik, får nok at lave. Det hele flasker sig lige for tiden, fortæller han.

»Vi er i færd med at opgradere landbrugssektoren. Det sker på regeringens opfordring, og det trænger vi virkelig til. Vi har stået stille i mange, mange år, men nu sker der endelig noget. Der bliver bygget overalt. Det går stærkt med økonomien lige nu,« siger han og tilføjer: »Det er som en drøm.«

Filippinernes økonomi har haft det godt det meste af årtiet, og lige nu oplever landet en af regionens højeste vækstrater. Intet tyder på, at det vil stoppe lige med det samme. Det bekræftede Valutafonden i begyndelsen af august, da dens økonomer efter et besøg i landet forudsagde, at BNP ville vokse med næsten syv procent, også på længere sigt. Det vil »cementere Filippinernes status som vækstleders«, lovede de.

Filippinerne er et af de »nye markeder«, der sammen med for eksempel Tyrkiet og Nigeria spits en økonomisk nøglerolle i tiden op mod århundredets midte. Det var ellers den evige undtagelse i det boomende Østasien – landet, der aldrig kunne tage sig sammen og forblev håbløst bagude, mens samfund som Sydkorea, Taiwan, Thailand og ikke mindst Kina blev til succeser og kom på forsiderne af blade som Forbes og Fortune.

»Man kan næsten mærke optimismen,« siger Florian Gotteit, administrerende direktør for det europæiske handelskammer i Filippinernes hovedstad, Manila. »Mange taler om Filippinernes forvandling fra regionens syge mand til Sydøstasiens nye stjerne. Filippinerne har tydeligvis bevæget sig hurtigere end naboerne i den seneste tid.«

## Duterte og de fattige

Der er delte meninger om den rolle, som præsident Rodrigo

Duterte har spillet, siden han kom til magten for godt et år siden. Indledningsvis skremte hans nationalisme mange udlændinge, og de var heller ikke begejstrede, når han talte om at vende den traditionelle allierede, USA, ryggen til fordel for Kina. Frykten lurer måske stadig, ifølge de seneste tal faldt udenlandske investeringer i årets første fem måneder med 24 procent fra året før. Men det er ikke hele historien.

Dutertes hårdtslående, simplificerende retoriske stil – han kalder sit infrastrukturprogram for »Build, Build, Build« – har inspireret sammenligninger med Donald Trump, men på det økonomiske område er sammenligningen helt ved siden af, fortæller Danmarks ambassadør i Filippinerne, Jan Top Christensen.

»Hvis du kigger på politikken, repræsenterer de diametrale modsætninger. Trump, kan vi jo se, har ansat en regering med CEOs fra den private sektor og gennemfører tilsvarende en politik, der vækster de bedrøttedes økonomiske interesser. Her er der stort modstød,« siger han og tilføjer, at Duterte har stillet en skarp reduktion i fattigdommen i udsigt, inden han går af i 2022.

»Duterte er i gang med at få gennemført en skattereform, der kommer middelklassen og de lavestlønede til gode. Han vil også have indført et system, så alle er dækket af sundhedsydelser. Og han har netop besluttet, at alle statsuniversiteter fra næste år skal være uden studiegebyr.«

Alt sammen vil det give brede dele af den filippinske befolkning flere penge mellem hænderne. Det er penge, som de helst skal skynde sig at bruge igen. Boom'et afhænger af det. For i Filippinerne står det private forbrug for 70 procent af den overordnede økonomiske vækst, sammenlignet med for eksempel omkring 50 procent i et land som Kina.

## Eksport af mennesker

Udover skattelettelser, hvor kommer pengene til forbrug så ellers fra? Ikke primært, som ellers normalt i Asien, fra eksportsektoren. Den store indtjener af valuta er den filippinske arbejdsstyrke i udlandet – alt lige fra au-pair-piger i Danmark til bygningsarbejdere på Taiwan. Det gør den filippinske økonomi til noget helt særligt, fortæller Dindo Manhit, chef for tænketanken ADR Institute i Manila.

»De fleste andre lande har sats på eksportdrevet vækst, men her i Filippinerne er vores vigtigste eksport faktisk vores

egen befolkning. Vi har lukret på deres forholdsvis gode uddannelse og engelskkundskaber,« siger han.

De cirka ti millioner filippinske arbejdstagere i udlandet sender omkring 25 milliarder dollars hjem til deres familier hvert år. Det giver den filippinske økonomi en robusthed, som andre økonomier i Østasien savner.

Da finanskrisen brød ud for ti år siden, blev de fleste lande rundt om i regionen hårdt ramt, fordi deres erhvervsliv var en del af internationale produktionskæder. Imens fortsatte Filippinerne ufortrødent med at sende arbejdere til udlandet.

Også under fremtidige globale kriser vil Filippinerne sikkert kunne klare sig igennem på lignende vis – med den lille forskel, at det i stigende grad vil tage form af outsourcing. Flere og flere vil lave animation, udladende regnskaber og levere andre lignende tjenesteydelser, som ikke kræver fysisk tilstedeværelse. De vil »eksportere« deres arbejdskraft uden at rejse nogen steder.

Det kan fortsætte, så længe Filippinerne er et ungt samfund – og det vil sige mange år ud i fremtiden. For landet er ved at tage hul på en »demografisk dividende« med et stort antal mennesker i den arbejdsdygtige alder i forhold til befolkningen som helhed. Den dividende kan andre lande i regionen, herunder Kina, allerede begynde at se en ende på.

## Hvad betyder kulturen?

Når den filippinske økonomi nu, måske, oplever det længe ventede take-off, er der ét bestemt spørgsmål, der melder sig. Hvad skete der med landets rolle som den evige, stagnerende undtagelse i en boomende region? Var Filippinerne ikke, efter 300 års spansk kolonisereddomme, »et stykke Latinamerika i Østasien«? Hvorfor nu den kraftigere vækst? Formuleringer lidt mere generelt: Betyder kultur alligevel ikke noget?

Jo, den gør, siger Park Sang-Chul, en økonom ved Koreas Polytekniske Universitet. Han mener også, at det er alt for tidligt at sige noget om Filippinernes tigerstatus. For det er lettere at opnå høje vækstrater med en lille økonomi, der mangler alt. Men Filippinerne er ikke, som for eksempel Kina og Korea, rundet af en konfuziansk kultur, hvor dyder som arbejdssomhed, sparsommelighed og disciplin er i højgradet, siger han.

Park ved udmærket, at han står i opposition til traditionelt tænkende økonomer, som mener, at vækst afhænger af universelle faktorer som arbejdsstyrkens størrelse, omkostningsniveau, investering i kapitalgoder og teknologisk udvikling. Problemet er bare, ifølge Park, at den slags generelle størrelser ikke kan forklare, hvorfor nogle økonomier vokser hurtigere end andre.

»Landene i Nordøstasien har udviklet sig meget hurtigere end de sydøstasiatiske lande. Det viser, at kultur har betydning enormt meget for den økonomiske udvikling og vækst i Østasien i de seneste fem årtier,« siger han.

Det er et ofte hørt udsagn, at den filippinske arbejdsmoral er en del af årsagen til den økonomiske dvale i de senere år. Selv professionelle økonomer siger, at der er noget om snakken. Joseph Lim, en økonom ved tænketanken Ateneo i Manila, beskriver en tilbagefaldet siesta-kultur, hvor en hel familie kan nydde sødt af et enkelt hårdtarbejdsende medlem, som slæder et

