

## **AZ IPAR 4.0 A MODERN IPARBAN ÉS A NÉMET IPARPOLITIKÁBAN**

Nick Gábor

A modern infokommunikációs technológiák, a gyártó - és kapcsolódó logisztikai rendszerek egyre gyorsuló integrációs folyamatai radikális változásokat indítottak el az iparban, de egyúttal a gazdasági élet minden területén, beleértve az üzleti modellek ismerveinek megváltozását, a társadalom piac formáló erejének növekedését, a gazdaság irányításában betöltött állami szerep prioritásainak átstrukturálódását is. A jelenséget német minta alapján Ipar 4.0ként hivatkozunk. Jelen fejezet az ipar digitális transzformációjának alapjait és hátterét, jelenét és jövőjét hivatott feltérképezni, annak műszaki aspektusai, illetve a német ipar politika elemzése által.

### **A modern ipar alapjai**

#### *Az Ipar 4.0 definíciója és jellemzői*

A XXI. század Európájának iparának komoly kihívásokkal kell szembenéznie (United Nations 2011, 2015). Az egyre csökkenő nyersanyagállomány, a demográfiai változások, a szakmunkás-hiány, a globális verseny, a megrendelők személyre szabott termék iránti igénye és legfőképpen a termelékenység célként a jelenlegi modell elkerülhetetlen módosítását határozzák meg. A fokozódó versenyhelyzetben a termelő iparágaknak olyan megoldásokra van szüksége, amelyekkel hatékonyan tudnak reagálni a kihívásokra (McKinsey & Company 2013).

A német kormány – a német ipar vezető pozíciójának megőrzése érdekében – egy 400 millió eurós ipari fejlesztési programot<sup>1</sup> hirdetett meg, melynek ipari digitalizációra vonatkozó alapjait 2011-ben a Hannoveri Vásáron rakták le, s ezzel vésődött be a köztudatba az Industrie 4.0 (Kagermann et al. 2011, 2013), magyarul Ipar 4.0 kifejezés. A program technológia jellegű paradigmaváltások mellett számos közgazdasági szempontú is előrevetített a termelő vállalatok és a kutatási-fejlesztési, felsőoktatási intézmények

---

<sup>1</sup> Die neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland Hightech-Strategie  
[https://www.bmbf.de/pub\\_hts/HTS\\_Broschure\\_Web.pdf](https://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschure_Web.pdf)

viszonylatában (acatech 2011). A legjelentősebb ezek közül az okos gyár koncepcióval összhangban az egyedi vevői igények rugalmas és minőségi színvonalú kielégítése, tömegtermelésnek megfelelő kondíciók mellett. Lényeges változás a termékekre vonatkozóan, hogy a készletre történő termelést felváltja a vevői rendelésre történő gyártás, sőt a fizikai termék helyett mindinkább szolgáltatás előállítás, értékesítése történik. Az akkori program tartalmi elemei mára jelentősen kibővültek. Az Ipar 4.0 mára a gyártási és infokommunikációs technológiai innovációkon túl egy új szemléletű iparfejlesztési politika irányát jelöli ki. Az ipar és ökoszisztémájának digitalizációja mára kulcskérdésévé vált, melynek szellemében az idő előrehaladtával a digitalizációnak köszönhetően ma már nem csupán az ipar robbanásszerű fejlődéséről beszélünk, hanem a gazdaság teljes digitalizációjáról, melyben az egész társadalom érintve van.

Az Ipar 4.0 jelenségét és fogalmát több szervezet és platform is igyekszik a lehető legpontosabban körül határolni, amelyekben – természetesen – átfedéseket, megegyezéseket is találunk. Az alábbiakban a legfontosabbnak ítélt német definíciók és megközelítési módok lényegét kívánom ismertetni.

Az Ipar 4.0 fogalom a negyedik ipari forradalomra utal, amely a kiber-fizikai rendszereken (cyber-physical system, CPS), azaz a valós és virtuális valóság korábban nem létező integrációján alapulva a termékek teljes életciklusában az egész értéklánc új szintre emelt szervezését és szabályozását valósítja meg. Ez a ciklus az egyre inkább individualizálódó ügyféligényeket követi és kiterjed a termék koncepcionális tervezésétől, a megrendelésen, a termék fejlesztésén, gyártásán keresztül a végfelhasználóhoz való kiszállításig, végül pedig az újrahasznosításig a folyamat minden állomására, beleértve a termékhez kapcsolódó szolgáltatásokat is.

Ez talán a legáltalánosabban elfogadottnak tekinthető megközelítés, mely a német *Plattform Industrie 4.0* eredménybeszámolójában (BITKOM et al. 2015), a VDMA (2015) és a GTAI (2018) anyagában található meghatározás adaptációja.

Az iparpolitikai álláspont a Német Szövetségi Oktatási és Kutatási Minisztérium (Bundesministerium für Bildung und Forschung, BMBF) egyrészt kiemeli annak fontosságát, hogy kiber-fizikai gyártórendszerek alkalmazásával az értékteremtő hálózatok rugalmasságának jelentős növekedése várható. Megközelítésében elsősorban a jövő „intelligens gyáira” koncentrál, ahol a fizikai és a virtuális világ közötti kölcsönhatás – a rendszerek információ-érzékelő és analizáló képessége, valamint a gépek és üzemek önoptimalizáló és önkonfiguráló, a megrendelésekhez és feltételekhez igazodó képessége által – a „dolgok internetének” alapjait teremti meg (BMBF 2017).

A különböző német szervezetek, fórumok Ipar 4.0 definícióit áttekintve leszögezhetjük, mindegyik megközelítés fókuszja a kiber-fizikai rendszerek megjelenése, a fizikai és valós világ dinamikus kölcsönhatása és összeolvadása, az adatokból nyerhető, értelmezhető információk, amelyek lehetővé teszik eszközök, gépek, rendszerek önszabályozó, önkonfiguráló képességét és emberi beavatkozás nélküli hatékony működését. A hálózatba szerveződés, a hálózati működés szintén a termelékenység, hatékonyság jelentős növekedését eredményezi – és a definíciók többsége a gyártási folyamatból kiindulva egyértelműen elismeri az új folyamatok megkérdőjelezhetetlen hatását az egész gazdaság, a társadalom és az élet minden területén és szegmensében.

### *Kiber-fizikai rendszerek a termelés alapköve*

A számítástudomány és gyártástudomány fejlődése ugyan párhuzamosan, de egymástól nem függetlenül zajlott az elmúlt években. A miniatürizálás és a kommunikációs technológiák fejlődésének is köszönhetően egyfajta konvergencia fedezhető fel a virtuális világot jelentő számítástechnika és a fizikai világot jelentő gyártástudomány között, melyet kiber-fizikai rendszernek nevezünk ( Monostori et al. 2016; Lee- Seshia et al. 2011; Weyer – Fischer 2015). A kiber-fizikai rendszerek egyre szaporodó számban vesznek körül bennünket. Jó példa erre a városok aktuális közlekedési információit megjelenítő felületei, a hozzájuk kapcsolódó mobil telefonra letölthető alkalmazások.

*Kiber-fizikai termelési rendszereken* (Cyber-physical Productions Systems – CPPS), amelyekre, mint a negyedik ipari forradalom bázis innovációja tekintünk, olyan gyártáshoz szükséges informatikai hardver és szoftver komponenseket, gyártást megvalósító és felügyelő berendezéseket, komplex adathalmazokat értünk, melyek internet segítségével távoli erőforrásokat is képesek integrálni az adott termék előállításához szükséges környezetbe. (Monostori et al. 2016; Váncza et al. 2011).

A CPPS olyan önálló elemekből áll, amelyek összességben alkotják a gyár teljes termelési folyamatát. Jellegzetességük a fentiekből következő komplexitás, de ideértjük az *intelligenciát* (smartness) ami azt jelenti, hogy a CPPS elemei képesek a környezetükből információt szerezni és önállóan működni. Lényeges jellemzőjük az *Összekapcsoltság* (connectedness). Ez azt takarja, hogy kapcsolatba tudnak lépni a rendszer valamennyi elemével és az emberrel, ezzel létrehozható a horizontális (vállalaton kívüli) és vertikális (vállalaton belüli) integráció (Gupta et al. 2013)

## *Az okos gyár a gyártás és a termelés helye*

A jövő gyáraiban a korábban ismertetett kiber-fizikai termelési rendszereken okos termékek készülnek majd. Az *okos termékek* információval rendelkeznek a saját gyártási folyamatukról, valamint életciklusuk gyártási és használati fázisairól képesek adatokat gyűjteni és továbbítani. Ezáltal lehetővé válik az okos gyár digitális modellezése és a termék-adatokon alapuló szolgáltatási kínálat kialakítása (Monostori et al. 2016; Bauernhansl et al. 2014).

A gyártás és logisztika teljesen átalakul, az izolált termelési egységek teljesen integrált, automatizált és optimalizált, nagy hatékonyságú termelési folyamattá olvadnak össze, - úgy az egyes gyárakon belül, mint azokon kívül - amelynek következtében megváltozik a viszony a terméket előállító vállalkozások, a logisztikai feladatokat ellátó (be)szállítók és az ügyfelek között. A vállalatok globális értékláncot alkothatnak és ezek az értékláncok versenyeznek egymással, nem pedig az értéklánc egyes szereplői. Az értéklánc elemei térben egymástól távol helyezkednek el, de integráltságuk horizontálisan és vertikálisan is adott. A gyárak – országhatárok nélküli piaci igényeket kiszolgálva – vélhetően termékre, szolgáltatásra specializálódnak. Konzernnek esetében már mai is felismerhető a globális szolgáltatási hálózat elképzelésének megvalósulása. Az okos gyár minden időben alkalmazkodik környezetének új körülményeihez, (mint pl. a megrendelés-állományhoz és az anyagszükséglet rendelkezésre állásához) és önmaga optimalizálja a termelési folyamatait. Ez a teljes ellátási és értékláncban a beszállítókkal és az ügyfelekkel való integráción keresztül valósul meg, amely tehát a szereplők közötti összekapcsolást jelenti, melyet *horizontális integrációnak* hívunk.

Technikailag horizontális integráció nem valósítható meg a vertikális integráció bizonyos szintjének eléréséig, az ottani feltételeknek való megfelelésig. Az okos gyáron, vállalaton belül az emberek, gépek és egyéb erőforrások digitális modellben képződnek le és egymással a kiber-fizikai rendszereken keresztül kommunikálnak. Ezt *vertikális integrációnak* nevezzük. Egy ilyen hálózatban valós időben lekérdezhető, aktuális információk válnak elérhetővé a gépek állapotáról és környezetükről (Kagermann et al. 2013; Bauernhansl et al. 2014). Leegyszerűsítve az egész ipari termelés integrálhatóvá válik egy intelligens

környezetbe, (Ostertag 2014), amely által a termelésben nem csak a rugalmasság növelhető, de lehetővé válik egy elosztott szabályozási és irányítási folyamat kialakítása.

*Intelligens folyamatok jellemzik a jövő gyárát.* A paradigmaváltás eredményeképpen a termék és a gyártás válik intelligensé, a termékek, a rendszerek, a gépek, a gyártó berendezések, a logisztikai rendszerek közvetlenül egymással kommunikálnak. A kommunikáció eredményeképpen pedig döntéseket hoznak meg helyettünk. A gyártás nem központosítva, hanem decentralizáltan történik. A termék mondja meg, mi történjen vele az adott gyártói soron. (Ostertag 2014). Végeredményben létrejön az összeköttetés az erőforrások, objektumok, információk és emberek között, és megépülhet a valós és virtuális világot is magába integráló *okos gyár*.

Az Ipar 4.0 integrált értékláncba szervezi a beszállítókat a gyártókat és a vevőket, ezért bármely vállalat működésének vertikálisan és horizontálisan integrált, virtuális értékláncba való szervezésével párhuzamosan a beszállítóknak (tipikusan a közép vállalati szektor szereplőinek) is be kell majd vezetniük a megfelelő technológiákat ahhoz, hogy ne veszítsék el piaci pozíciójukat.

## Németország a fejlődés élvonalában – Iparpolitika

### *A negyedik ipari forradalom hajnalán*

Az ipar szerepe Németországban a gyártáson jóval túlmutat, hatása, befolyása a gazdaságra annál is sokrétűbb, mint amit a GDP-mutatókból láthatunk. A magánfinanszírozású K+F valamint innovációs tevékenység mintegy 80%-ának alapja az ipar, amely a nyersanyagokat és energiát az üzleti szolgáltatásokra, de a fogyasztói szolgáltatásokra és a turizmusra is biztosítja (Roland Berger 2015). A többségében kvalifikált munkahelyek mintegy 25%-át az ipar nyújtja, s minden gyártásban létrejövő új munkahely nyomán további 0,5-2 munkahely létesül más ágazatokban. A Roland Berger (2014, 2015) tanácsadó cég Európa ma már tényként kezelt dezindusztrializációs jelenségéből indul ki és megállapítja azt az ismertsége ellenére is meglepő tény, hogy az EU gazdaságában az ipari termelés központi szerepet játszik. Az ipar a kutatás, az innováció, termelékenység, munkaerő-teremtés és export fő hajtóereje. Az ipar hozza létre az innováció és az export domináns részét. A szolgáltatási

szektorral való kapcsolata révén az ipar tekinthető Németország szociális és gazdasági motorjának. Az európai ipar helyzete ma alapvetően megosztott: miközben a német és a közép-európai ipari szektor nagy ütemben piaci részesedést hódít magának és növeli a termelékenységét, némely EU ország a dezindustrializáció útjára tévedt. Svájc és Németország kivételével valamennyi európai országban csökkent az ipari többletérték aránya, amelyet az iparban foglalkoztatottak visszaesése követett.

Az Európai Unió az ipar versenyképességének hatékony előmozdítása érdekében több prioritást határoz meg stratégiai célkitűzésként (EU 2014), így kiemelten az ipar versenyképességének előtérbe helyezését minden szakpolitika terén, melyek adaptációi visszaköszönnek a német iparpolitikai döntésekben. Prioritást élvez a piaci lehetőségek kiaknázását segítő modern infrastruktúra kialakítása, a vállalkozások és az innováció számára kedvező stabil, egyszerűsített, átlátható szabályozási keret biztosítása, a tőkepiacok integrálása, a képzési lehetőségek és a mobilitás javítása, valamint a szolgáltatási szektor belső piacának kiteljesítése. Kiemelt szempont a KKV-szektor globális értékláncokba történő integrálásának elősegítése a globális piacokhoz való, kedvezőbb versenyfeltételek melletti hozzáférése érdekében.

A német újraparosítási stratégia szervesen összefügg a negyedik ipari forradalom jelenségével, amelyhez a folyamatos alkalmazkodás, valamint a kihívásoknak való megfelelés, amely az ország iparpolitikai stratégiájában is egyre erőteljesebben tükröződik. Az EU elképzeléseivel összhangban a kezdeményezéseket és cselekvési területeket az alapvetően a következő gondolatok vezérlik. A vállalkozások globális értékláncokba integrálódásának ösztönzése és a lakosság szükséges készségeinek, képzettségének fejlesztése a belső piac mélyítését, igazságosabbá tételét szolgálja. A digitális átmenet támogatása, az intelligens technológiák használatának terjesztése, az ipar kiberbiztonságának erősítése, a közös európai adattér létrehozása, az 5G akcióterv az ipar digitális kornak való megfeleltetését segíti elő. A körforgásos gazdaság területén a biogazdaság stratégia, a műanyagokra vonatkozó stratégia került bevezetésre, illetve több intézkedés a megújuló biológiai erőforrások előállításának javítására. Kiemelt szempont az innovációba és egyéb immateriális javakba való befektetéseket ösztönző, a jövő iparába történő beruházás, illetve a fenntartható finanszírozás új stratégiája szerint a magántőke hatékonyabb eljuttatása a fenntartható beruházásokhoz.

Az Ipar 4.0 gazdasági oldalról történő megközelítésében elengedhetetlen megvizsgálni, milyen mértékű Ipar 4.0 célú beruházásokat szükséges Németországnak megtennie a következő időszakban. A magas hozzáadott értékű termék- és szolgáltatáspalettával, automatizált termelőegységekkel, a gyártás kiválósági gyakorlatainak bevezetésével egyelőre a jelenlegi ipari szerkezetben is képes megőrizni versenyelőnyét az olcsó munkaerővel rendelkező országokkal szemben. Ugyanakkor az ipar gazdasági szabályainak megváltoztatására, ezáltal a dezindusztrializáció folyamatának megfordítására is lehetőség kínálkozik az Ipar 4.0 megvalósításával, mivel a magas minőségű szolgáltatások iránti kereslet növekedése az egyre komplexebb, ipart támogató tevékenységek megújulásával is együtt jár (Roland Berger 2014).

### *Németország gazdasági háttere*

Németország globálisan az egyetlen ország, amelynek sikerült az elmúlt 15 évben jelentősen javítania az ipar ROCE mutatóját, mely elsősorban a tudatos iparfejlesztési programjának köszönhető. A foglalkoztatottságban bekövetkezett kismértékű csökkenés (9%) ellenére, az ipari többletérték növekedése elérte a 80%-ot, az ipar által termelt profité pedig a 158%-ot. A beruházások és az értékcsökkenés mértéke megközelítőleg változatlan maradt az időszakban, miközben az eszközök hasznosulási sebessége javult és a berendezések kihasználtsága az 1998-as 85%-ról a 2014-ben 95%-ra nőtt. Ez a szervezettség, a tudatos viselkedés és működés jelentőségét mutatja. A befektetett tőke, miközben nagyjából állandó maradt, sokkal többet termel, mint 15 évvel ezelőtt. Ez a német ipari csoda.

Egy évtizeddel ezelőtt Németországot még több kihívás érintette hátrányosan: növekvő munkabérek és energiaköltségek, az infrastruktúra megújításának szükségessége, a szakképzett munkaerő hiánya.

A gépgyártás, autóipar és gépészet terén Németország régóta a világ élvonalában szerepelt, ipari megoldások nyújtása tekintetében is vezető pozícióban van. Ugyanakkor az országnak szembesülnie kellett azzal is, hogy a nemzetközi verseny egyre éleződik, egyre nagyobb igény jelentkezik olyan gyártási technológiák iránt, amelyek a rugalmasabb és egyedi előállítását lehetővé teszik. A német gyártókra amiatt is nagy nyomás nehezedett, milyen mértékben tehetik értékláncaikat nemzetközivé, hogy a hazai termelés és innováció ne kerüljön veszélybe. A digitális gazdaság terén fennálló bizonyos gyenge pontok és hiányosságok azt is szükségessé tették, hogy a versenyképesség megtartása, további

versenyelőnyökhöz jutás érdekében az ország olyan stratégiát dolgozzon ki, amely a digitális forradalom élmezőnyébe emeli (Huawei – HRI 2016).

A szövetségi kormány már 2006-ban meghirdette a High-Tech Stratégiát, – melyet 2014-ben illetve 2016-ban Új High-Tech Stratégia néven aktualizált – , melynek célja, hogy Németország a világ legfontosabb célpiacain vezető szerephez jusson és a legfontosabb jövőbeli területeken (digitalizáció) is vezetővé váljon.

### *Az Ipar 4.0 stratégia pillérei*

A szövetségi kormány által és az általa irányított Plattform Industrie 4.0 közreműködésével kidolgozott hosszú távú stratégia a következő 5 alappillérré épül (European Commission 2017):

- 1) Definiálták és rangsorolták a kutatási és innovációs témákat, amelyeket tudatosan úgy választottak ki, hogy a gazdaság teljesítő képességét, az életminőség fenntartását és a jólét forrásait biztosítani tudják. Ezek a kiemelt kutatási témacsoportok: digitális gazdaság és társadalom; hosszú távú gazdálkodás és energia; az innovatív munka világa; egészséges életmód; intelligens mobilitás; a civil biztonság.

A témákból most csak az elsőt emeljük ki. Azok az új termékeket és szolgáltatásokat létrehozó kulcstechnológiák állnak a középpontban, amelyeknek a bevezetésétől és piacra vitelétől a gazdaság versenyképessége függ. Nem meglepő módon ebben a digitalizációnak van a legjelentősebb szerepe, mert ez képes megteremteni a „jövő intelligens termelésében a hálózatosodás lehetőségét”. E téren a KKV-k kiemelt segítségre szorulnak, hogy kifejlődjék náluk a bizalom az új technológiák iránt és képessé váljanak azok hasznosítására. Erre speciális kormányzati támogatási programok állnak rendelkezésre.

- 2) A gazdaság tudásképző szereplőinek (stakeholder-eknek), azaz az egyetemeknek, kutatóhelyeknek és a K+F tevékenységet folytató vállalatoknak jobb kapcsolódása egymáshoz mind nemzeti, mind nemzetközi téren az intézmények innovációs potenciáljának erősítése érdekében történik.
- 3) Németország innovációs dinamikájának fokozása azáltal, hogy a kutatás magas költségeit viselő nagyvállalatok mellett a KKV-k is egyre jobban kapcsolódjanak be ebbe a tevékenységbe. E célból a kormány mind anyagi, mind tanácsadói segítséget nyújtó programokat hirdet meg, illetve ezeket támogató hálózatokat hoz létre.



- 4) A szövetségi kormány innováció-barát keretfeltételeket kíván teremteni: a kockázati tőke kínálatának bővítésével, a hozzájárulás előnyös feltételeinek kidolgozásával, kvalifikált munkatársak rendelkezésre állásával, a szabványok és normatívák nemzetköziesítésével.
- 5) Az utolsó pillér a szociális-kulturális dimenziót érinti. A tudományos programok és műszaki fejlesztések transzparenciája révén kívánja elősegíteni a társadalmi részvételt, mert az innovatív gazdaság alapja csak egy olyan társadalom lehet, amely pártolja az innovációt, elfogadja az új technológiákat és alkalmazza azokat.

A kormány úgy látja, hogy a megvalósítási „roadmap” sikerének kulcsa nemcsak konkrét kutatási témák keretkatalógusának meglétében, a triple helix szellemben kidolgozott implementációs stratégiákban, hanem a referenciaarchitektúrák kifejlesztésében, valamint a gazdasági szereplők közötti hálózatok és szövetségek kialakulásában játszott közvetítői szerep felvállalásában rejlik.

Egy, a német vállalatvezetők körében 2014-ben végzett felmérés (May-Strobl et al. 2015; Schröder et al. 2015) rávilágított azokra a területekre, ahol politikai támogatásra számítanak az Ipar 4.0 kezdeményezés érdekében. Kiemelt helyen szerepelt a kvalifikált munkaerő oktatása és folyamatos továbbképzése, kompetitív adatvédelmi törvények alkotása, adókedvezmények megadása a vállalati beruházásokra, a nemzetközi szabványosítás elősegítése.

Ez utóbbi, nevezetesen a szabványosítás kérdésköre kifejezetten aktuális, mivel igen sok vállalkozás ebben az integrált Ipar 4.0-megoldások és alkalmazások előfeltételét látja. A szabványosítási feladatokat és folyamatokat (amelyek szorosan a kutatással is összekapcsolódnak) Németországban a Plattform Industrie 4.0 koordinálja, ugyanakkor a nehézkesebben születő döntések és a feladat komplexitása több vállalkozásra elterjedően hatnak, mások várakozó állásponton vannak. Az Ipar 4.0 további sikerének a kulcsa, hogy egységes szabványrendszer kerüljön bevezetésre, mivel más országok e téren már több eredményt is felmutathatnak. Olyan vállalatok, mint a Siemens, a Bosch vagy a Kuka, amelyek mind német, mind amerikai vagy japán kezdeményezésekben is képviseltetik magukat, valamint az Industrial Internet Consortium (IIC - USA) tagjai is felismerték, hogy a szabványokat nem izoláltan, hanem közös erővel – azaz nemzetközi szinten – érdemes (és szükséges) kidolgozni (Kagermann et al. 2016).

A Plattform Industrie 4.0 mellett a kormány több, jelentős, az ipar digitális átalakulását előmozdító intézkedést is hozott a közelmúltban. Ezek közé tartozik a KKV-kör felkészítése,

a technológia transzfer biztosítása a kis-és középvállalkozások számára az Ipar 4.0 kapcsán, amelyet többek között teszt-laboratóriumok, kompetencia-központok létrehozásával erősítenek. Érvényesül a „best practices” elv, a technológia transzfert a BMWi (gazdasági minisztérium) is támogatja mobil üzleti alkalmazásokra fókuszáló kezdeményezésével.

A digitális átalakulást előmozdító, közelmúltban hozott intézkedések egyike a „Mittelstand 4.0 – digitális termelés és munkafolyamatok”-kezdeményezés. A KKV-k (főképp középvállalkozások) részére ügynökségek, kompetencia-központok, teszt-laboratóriumok biztosítják a technológia-és tudástranszfert, folyamatos tájékoztatással, képzési programokkal segítik a felkészülést például elektronikus szabványok, e-kereskedelem, felhő-szolgáltatások, folyamat-és innováció-menedzsment terén (Probst et al., 2018; Holz, 2013). A KKV-k integrálása az Ipar 4.0 értékláncba alapvető fontosságú, hiszen képzett munkaerő hiányában kevésbé felkészültek a technológiai váltásra.

A Gazdasági és Energiaügyi Minisztérium (BMWi) fiatal (7 évnél nem idősebb), innovatív kis-és középvállalkozások részére kockázati tőke-befektetési támogatást biztosít, amely az IKT-ágazatban új start-up cégek létrejöttét is elősegítheti (Probst et al., 2018; Welter et al., 2015).

Kiemelendő a nemzeti IUNO-projekt, amely az Ipar 4.0 folyamatban az információ-technológiai biztonságra koncentrál. A projekt célja, hogy ipari alkalmazási területen az IT-biztonsági kihívásokra megoldást találjanak, ezáltal feloldják többek közt a KKV-k félelmeit is a digitális átalakulásban rejlő gazdasági kockázatoktól (Heilmann et al., 2016; May-Strobl – Welter 2015).

Nemzetközi összehasonlítás szempontjából meg kell jegyezni, hogy Németország az Ipar 4.0 kapcsán elsődlegesen erőteljes technológia-orientáltságával tűnik ki, azaz a technológiák fejlesztése és technológiai víziók állnak a fókuszban. Ugyanakkor a közelmúlt kezdeményezései fejlesztési koncepciójukat a műszaki és üzleti területeken túl kiterjesztették társadalmi, jogi és etikai területekre is. A Munkaügyi Minisztérium meghirdette a „Foglalkoztatás-biztonsági és Egészségügyi Stratégia 4.0”-t, valamint szabályozást vezetett be a munkavállalói adatok védelme érdekében. Az Oktatásügyi és Kutatási Minisztérium létrehozta az „Internet Institute for the Networked Society” alapítványt, melynek küldetése, hogy a digitalizáció folyamatában és a társadalomban bekövetkező változásokat folyamatosan elemezze és értékelje (Huawei – HRI 2016).

A központi kormányzati kezdeményezések és intézkedések mellett az egyes szövetségi tartományok is aktív részt vállalnak az Ipar 4.0 célkitűzéseinek és feladatainak végrehajtásában.

### A német iparpolitika prioritásait meghatározó kutatások

Az utóbbi években több intézmény, szövetség, szervezet is indított felmérést Németország vállalkozásainak digitális felkészültsége, az Ipar 4.0 stratégiájuk kialakítása kérdéskörében – az eddig megtett lépések és a jövőre vonatkozó elvárások feltérképezése, elemzése és értékelése céljából. Jelen fejezetben ezen kutatásokat eredményeit mutatom be, tekintve ezek részét képezik, beépülnek az ország iparpolitikájába.

#### *VDMA: Vállalati felkészültségi felmérés*

A Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA, Német Gép- és Berendezésgyártók) egyesületének IMPULS Alapítványa által kidolgozott Industrie 4.0 Readiness kérdőív és a hozzátartozó tanulmány (VDMA 2015) eredményeit említem első helyen. A modell 46 db kérdése 6 dimenziója számba veszi a vállalkozások felkészültségét és képességeit az Ipar 4.0 koncepció megvalósítása terén. Az empirikus felmérés eredményei alapján hatfokozatú minősítési skálát állítottak fel: Kívülállók, Kezdők, Haladók, Tapasztaltak, Szakértők, Csúcsteljesítők.

Az országos felmérésben több mint 20 ipari szegmensből közel 215 vállalat vett részt, reprezentálva a KKV-kat, a nagyvállalatokat. Úgy találták, hogy az Ipar 4.0 Németországban a gépgyártó iparág területére már megérkezett és az ide tartozó vállalkozások 17,9%-a elérte a Haladók szintjét, míg 4,6%-uk már a Tapasztaltak körébe sorolható, és 1%-uk tartozik jelenleg a Szakértők kategóriába.

A vállalati méretből fakadó dualitás is megjelenik. Három kategóriát állítottak fel a munkavállalói létszám alapján: kisvállalat 20-99 fő, közepvállalat 100-499 fő és nagyvállalat 500 fő felett. A felmérés tapasztalatai azt mutatták, hogy a nagyobb vállalatok minden dimenzió vonatkozásában a kisebbek felett állnak.

*Stratégia és szervezet* vonatkozásában a VDMA négy szempontot vizsgált: az Ipar 4.0 stratégia megvalósítása, operacionalizálás és a stratégia felülvizsgálata mutatószám-rendszer alapján, Ipar 4.0 befektetési-beruházási aktivitás, technológia- és innováció-menedzsment

alkalmazása. A vállalkozások mintegy 40%-a nem rendelkezik megfelelő Ipar 4.0 stratégiával, háromnegyedük nem alkalmaz indikátor rendszert, és csupán egyharmaduk működtet az egész vállalkozásra kiterjesztett technológia- és innovációmenedzsment rendszert. 2013-14 folyamán a cégek átlagosan éves árbevételük 1,7%-át fektették Ipar 4.0 projektekbe, viszont egyötödük egyelőre nem is érezte szükségét befektetéseknek. A nagyvállalatok a középvállalatokkal szemben jelentős befektetéseket terveznek a szolgáltatási és logisztikai tevékenységekbe.

*Okos gyár* dimenzió vizsgálata is négy kritérium köré épült: digitális modellezés, berendezés-infrastruktúra, adathasználat, IT rendszerek. Igen kevés vállalkozás gyűjti rendszeresen a releváns adatokat 10,9%, egyötödük viszont egyáltalán nem foglalkozik adatgyűjtéssel. Az adatokat a cégek többnyire a gyártási folyamat átláthatóságára és a minőségellenőrzésre használják, néhányan a logisztikai folyamatok optimalizálására is.

Az *Intelligens folyamatok* dimenziót szintén négy szempont alapján vizsgálta a felmérés: információ-megosztás, felhőhasználat, IT biztonság és autonóm folyamatok kritériumok szerint. A felmérés kimutatta, hogy a vizsgált vállalkozások kb. 85,3%-a esetében nincs autonóm, önműködő ellenőrzési rendszer. A nagyvállalatok többnyire ezt már alkalmazzák, és meglepő módon a kisvállalkozások is elkötelezettebbnek tűnnek (12%), mint a közepes méretűek (6,8%). Az adatvédelem kérdése fontos a vállalkozások számára, bár IT biztonság és adatvédelem terén egyelőre inkább csak a belső adatok védelme érdekében tettek intézkedéseket. A nagyvállalatok ebből a szempontból lépéselőnyben vannak, felismerve a felhőalkalmazások előnyeit is. A felhőmegoldások tekintetében többen élnek ezzel a lehetőséggel a tárolási kapacitások, szoftverlicenszek kiszervezése esetében, de egészében a felhő alapú szolgáltatások elterjedése és igénybe vétele ezen iparágban igen alacsony szinten áll. A nagyvállalatok e téren is sokkal aktívabbak, és magasabb fejlettségi szinten is állnak, mint a középvállalatok.

Az *okos termékek* képezik az okos gyár és az intelligens folyamatok alapját. Az okos termékek terén a felkészültségi szintet a kiegészítő IKT funkciók megléte és a használati fázisból szerzett adatok elemzése jelöli. A középvállalatok összeségében kevesebb figyelmet fordítanak az okos termékekkel kapcsolatos tevékenységekre, mely vélhetően arra vezethető vissza, hogy számukra a folyamatok optimalizációja sokkal fontosabb tevékenység

*Termékadatokon alapuló szolgáltatások* dimenzió vizsgálati szempontjai: az adat-alapú szolgáltatások elérhetősége, az adatvezérelt szolgáltatásokból származó bevételekből való részesedés és a felhasznált adatok megosztása voltak. A vállalkozások közel kétharmada valójában még fel sem ismerte a termékadatokon alapuló szolgáltatásokban rejlő előnyöket,

a további egyharmad már kínál ilyen szolgáltatást, de ezek 50%-a még nem integrálta a vevőkkel való kapcsolattartásba. A nagyvállalatok jelentősen előnyösebb helyzetben vannak, azonban a kisvállalkozások (19,3%) és a középvállalatok (10,7%) egy része is már alakított ki integrált adatvezérelt szolgáltatásokat.

A változási és felkészülési folyamatban kulcsszerep jut a *munkavállalói* állománynak: különösen fontos az egész életen át tartó tanulás iránti hajlandóság, az interdiszciplináris jellegű gondolkodásmód, valamint a magas szintű informatikai képességek-készségek. A munkavállalói képességek dimenziójában az átlagérték 1,5, ez a viszonylag jó eredmény azzal magyarázható, hogy a vállalkozásoknak a munkaerőfejlesztés terén több tapasztalatuk van, mint az Ipar 4.0 kapcsán vizsgált többi területen. A cégek nem képességei a vállalat méret függvényében nem mutatnak jelentős differenciákat.

### *Fraunhofer: A termelés jövője felmérés*

A gyártás, a termelési tevékenység Németország számára a gazdaság tartós versenyképességének záloga. Az Ipar 4.0 új lehetőségeket, új kihívásokat, új utak keresését kínálja. A Fraunhofer IAO (Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation, Stuttgart) széles körű felmérést végzett (Spath et al. 2013) annak érdekében, hogy egyrészt meghatározza a termelési és gyártási tevékenység jövőbeli útját és irányát, másrészt pedig a vállalkozásokat segítse az Ipar 4.0 adaptálásában. A gyártókra, illetve a technológiaorientált gazdasági ágazatokra fókuszáló kutatás többek között vizsgálta a termelő vállalatoknak a termelési-gyártási tevékenység fejlődésével kapcsolatos elvárásait, az új technológiák, digitális eszközök bevezetésén, alkalmazásán alapuló várható sikertényezőket és megoldásokat, valamint a rugalmasság kihatását a gyártási folyamatokra.

A tanulmány (Spath et al. 2013) a termelési tevékenységgel kapcsolatos elvárásokra, várakozásokra vonatkozóan több középvállalkozások releváns megállapítást is tesz:

- az automatizálás egyre kisebb szériák gyártását teszi lehetővé, ennek ellenére az emberi munka a termelési folyamatnak a megkérdezettek 36,6%-a szerint fontos, 60,2% szerint nagyon fontos tényezője marad. Érdeemes meglátni, hogy a válaszok olyan országból érkeztek, ahol az automatizáltság foka magas;
- a rugalmasság a gyártási tevékenység kulcstényezője, a jövőben azonban ennek még rövidebb távon kell érvényesülnie, mint jelenleg. Éppen ezért a rugalmasságot a jövőben kiterjesztett formában – akár a dinamikusan allokálható emberi erőforrásokat is ideértve

–, célirányosan és szisztematikusan kell szervezni, biztosítani, az „átalány-rugalmasság” nem lesz elegendő. Újdonság, hogy immár a teljes értéklánc kilengéseinek kezelésére kell felkészülni;

- az Ipar 4.0 többet jelent, mint egyszerűen CPS hálózatok kialakítása. Objektumok (tárgyak) és emberek segítségével történő intelligens adatfelvétel, adattárolás és adattovábbítás jellemzi majd a jövőbeli termelési folyamatokat, növekszik a decentralizált vezérlőgépek és eszközök aránya. Ugyanakkor belátható időn belül még nem várható az önmagukat irányítani és szabályozni képes decentralizált eszközök teljes körű autonómiája, következésképpen a kontroll továbbra is az ember kezében marad;
- a biztonsági tényezőket (Safety – Security) már az intelligens gyártóberendezések tervezési folyamatában is messzemenőig figyelembe kell venni;
- a gyártásban résztvevő dolgozók és a tudományos munkát végző szakemberek feladatai egyre inkább összeolvadnak, a gyártó munkások fokozottan vesznek át termékfejlesztési feladatokat is. Rövid távú, kevésbé tervezhető tevékenység esetén a munkatársak munkahelyen történő, azonnali képzését is biztosítani kell.

### *acatech: Fejlődés modell*

A 2017-ben publikált acatech-tanulmány (Schuh et al. 2017) leszögezi, hogy az Ipar 4.0 jelenségét és fogalmát nem csupán a technológia fejlesztésével vagy a teljes automatizációval szükséges azonosítani vagy összefüggésbe hozni, hanem a fejlődés-fejlesztés komplexebb megközelítést igényel, amelyben a vállalkozás egészének – beleértve a tudást, a megfelelő képességeket, az emberi tényezőt is –, kiemelt szerep jut. Az acatech Ipar 4.0 Érettségi Index ennek megfelelően olyan kulcsterületekre koncentrál, mint a különböző digitális képességek megszerzése, az adatokból történő valós tudásszerzés, illetve a vállalkozás átalakítása tevékeny, tanuló szervezetté. A közép vállalatok sikere az Ipar 4.0 felkészülés folyamatában jelentős mértékben függ a gazdálkodó szervezet agilitásától (aktivitásától, tevékeny együttműködésétől), amely elsősorban a változások szükségességének felismerésében, azok gyors és rugalmas végrehajtásában rejlik. Az azonnali reagálás és a megfelelő döntéshozatal elengedhetetlen, az Ipar 4.0 képességek megléte segít áthidalni egy esemény bekövetkezése és az arra való megfelelő reakció megtétele közötti – korábban megszokott – időbeli eltolódást.

Az acatech-tanulmány célterülete a vállalkozások felmérése az Ipar 4.0 felkészültség vonatkozásában és egy olyan módszertan kialakítása, amely az értékláncba való illeszkedést hatékonyan elősegíti, megkönnyítve a középvállalatok önértékelését, erősségeik, gyengeségeik egyértelmű beazonosítását. A módszertani elemzés és értékelés tehát magában foglalta az Ipar 4.0 megvalósításától elvárt előnyöket, a meglévő és hiányzó képességeket, valamint a hiányosságok elemzését, s mindezek értékelése alapján output-ként körvonalazódhatott a cégekre lebontott digitális „útiterv”, azaz a megvalósítási stratégia. Tekintettel arra, hogy az Ipar 4.0 felkészülés több évet is igénybe vevő, hosszabb folyamat, az *érték alapú fejlődést* az acatech-tanulmány 6, egymástól elkülöníthető, de szervesen összefüggő, egymásra épülő szakaszra bontotta.

- *Komputerizálás* a legelső szakasz, amelyben különböző informatikai képességekkel rendelkező eszközöket és alkalmazásokat használnak a vállalkozáson belül, jóllehet, egymástól izoláltan, nem összekapcsolt rendszerben.
- *Az összekapcsoltság* már a második lépcsőfok a fejlődési folyamatban, amelyben a működési technológia egyes részei kapcsolódnak és interoperábilisak az információ-technológiai rendszerrel, de a teljes integráció még nem történt meg.
- *A láthatóság* szintjén szenzorok alkalmazásával az egész gyártási folyamat valós időben megfigyelhető (digitális árnyék), így a szükséges intézkedések valós idejű adatok alapján meghozhatók. Itt azonban többnyire gondot okoz, hogy egyrészt kevés adat kerül rögzítésre, másrészt ezek csupán egy korlátozott kör részére hozzáférhetők.
- A következő, az *átláthatóság* „lépcsőfoka” már nem csupán az esemény megfigyelését, de annak tényleges megértését is szolgálja. Ehhez a rögzített adatokat elemezni is szükséges; adatok összesítésével és szemantikai kapcsolatok felállításával az adatokból a döntéshozatalhoz szükséges információ is kinyerhető. Az új technológiák (pl. big data elemzés) rendkívül hasznosak ebben a folyamatban.
- Az ötödik szakaszban a *kapacitások előrejelzése* kerül a fókuszba, amely azt jelenti, hogy a vállalkozás képes különböző jövőbeli eseményeket szimulálni és prognosztizálni, s közülük kiválasztani a legvalószínűbbet. Ennek segítségével a cég számításba veheti a várható fejlődési irányokat és lehetőségeket, s jó időben hozhatja meg a szükséges intézkedéseket. E szakasz megléte elengedhetetlen az intézkedések és döntések meghozatalának automatizálásához, mely során a vállalkozás bizonyos döntéseket magára az IT rendszerre ruház át.

- Az *adaptálási képesség* szervesen az előző szakaszra épül, s fejlettségi foka a döntésektől és a költség-haszon aránytól is függ. Amennyiben a vállalkozás képes a lehető legrövidebb idő alatt a digitális árnyékból származó adatokat felhasználni a döntések meghozatalához a legjobb eredmények elérése céljából és automatikusan (azaz emberi közreműködés nélkül) intézkedni, akkor az adaptálási képesség megvalósultnak tekinthető.

Ezek tehát azok a fejlődési lépcsőfokok melyeken a német középvállalatokat keresztül kell vinni, hogy az értékláncban pozíciójuk erősödjön és a gazdaság aktív részesei legyenek.

## Összefoglalás

A gépgyártás, az autóipar és az ipari megoldások szállítása tekintetében Németország a világ élvonalában szerepel. Az elmúlt évtizedekben az országnak azonban szembe kellett néznie azzal, hogy egyre nagyobb igény jelentkezik a rugalmasabb és egyedi előállítás biztosító gyártási technológiák iránt (Heilmann et al, 2016). A kihívások feloldására az Ipar 4.0 szemlélet mód erősítése kínál lehetőséget. Az ipar digitális transzformációja alapvetően megváltoztatja a gazdaság szereplőinek, így a középvállalatoknak a mindennapjait is. Szervezeti és műszaki paradigma váltásokat követel meg, amelyek eredményeképpen fokozódik az adott vállalat versenyképessége, végeredményben esély nyílik a nemzetközi termelési értékláncban történő feljebb lépésre.

Kormányzati szinten Németország az Platform Industrie 4.0 életre hívásával, majd annak közreműködésével kidolgozott hosszú távú stratégiával kívánja fokozni a vállalkozások termelékenységét és versenyképességét, azaz végeredményben a privát szféra erősítését megvalósítani. A stratégia a következő 5 alappillérré épül (Heilmann et al., 2016):

1. A gazdaság teljesítőképesége, az életminőség fenntartása és a jólét forrásainak biztosítása céljából definiáltak és rangsorolták a kutatási és innovációs témákat: a digitális gazdaság és társadalom; a hosszú távú gazdálkodás és energia; az innovatív munka világa; az egészséges életmód; az intelligens mobilitás; a civil biztonság.
2. Az intézmények innovációs potenciáljának erősítése érdekében előtérbe helyezték a gazdaság tudásképző szereplői (egyetemek, kutatóhelyek, K+F tevékenységet folytató vállalatok) közötti együttműködést.
3. Az innovációs dinamika fokozása céljából ösztönzik a kutatás magas költségeit viselő nagyvállalatok mellett a középvállalatok nagyobb arányú bekapcsolódását.



4. A szövetségi kormány innováció-barát keretfeltételeket teremt a kockázati tőke kínálatának bővítésével, a hozzájutás előnyös feltételeinek kidolgozásával, a kvalifikált munkatársak rendelkezésre bocsátásával, a szabványosítással.
5. Az innováció barát, az új technológiákat befogadó társadalom érdekében, szociális eszközökkel támogatja a kormányzat a társadalmi részvételt.

Németország a negyedik ipari forradalom hajnalára az Ipar 4.0 megoldások globális ipari szállítója. Kormányzati stratégiájában (High-Tech Stratégia 2006, 2014; Új High-Tech Stratégia 2016) az Ipar 4.0 megoldások adják annak eszközét, hogy fenntartsa a globális piacokon elért dominanciáját és ipari termelését állandó szinten tarthassa. Következésképpen Ipar 4.0 stratégiája egyszerre defenzív – a hazai termelés fenntartása, a nemzetközi piacokon fellépő válságok rugalmasabb kezelése érdekében és offenzív, annak biztosítására, hogy a szakértelem és know-how Németországban maradjon az exportmodell működése érdekében (Huawei – HRI 2016).

A német modell sikerének fontos tényezői a referencia-architektúrák kifejlesztésében, valamint a gazdasági szereplők közötti hálózatok és szövetségek kialakulásában játszott kormányzati közvetítői szerep felvállalásában és a középvállalati szektor kiemelt, önálló kezelésében rejlenek.

## Irodalomjegyzék

- acatech (2011): *Cyber-Physical Systems: Driving force for innovation in mobility, health, energy and production*. acatech, Frankfurt am Main
- AWS (2006): *Medienpaket „Die österreichische Industrie”*. <https://aws.ibw.at/resource/download/56/2014-09-10industrie.pdf>, Letöltve: 2018.04.29.
- Bauernhansl Thomas; Hompel Michael Ten; Vogel-Heuser Birgit (2014): *Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik: Anwendung, Technologien, Migration*. Springer, Wiesbaden
- Digitaleurope (2016): *Digitaleurope and the EC's skills strategy 2016*. [http://www.digitaleurope.org/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core\\_Download&EntryId=1089&language=en-US&PortalId=0&TabId=35](http://www.digitaleurope.org/Bring2mind/DMX/Download.aspx?Command=Core_Download&EntryId=1089&language=en-US&PortalId=0&TabId=35), Letöltve: 2017.02.19.
- BITKOM; VDMA; ZVEI (2015): *Umsetzungstrategie Industrie 4.0 – Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0*. <https://www.bitkom.org/noindex/Publikationen/2015/Leitfaden/Umsetzungsstrategie-Industrie-40/150410-Umsetzungsstrategie-0.pdf> Letöltve: 2017.03.04.
- BMBF (2017): *Industrie 4.0 Innovationen für die Produktion von morgen*. [https://www.bmbf.de/pub/Industrie\\_4.0.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Industrie_4.0.pdf), Letöltve: 2017.12.01.
- Etzkowitz Henry; Leydesdorff Loet (1997): *Universities and Global Knowledge Economy. A Triple Helix of University – Industry – Government Relations*. Printer, London
- GTAI (2018): *Industrie 4.0 Germany Market Report and Outlook*. <https://www.gtai.de/GTAI/Content/EN/Invest/GTAI/Brochures/Industries/industrie4.0-germany-market-outlook-progress-report-en.pdf?v=12>, Letöltve: 2018.04.01.

- Holz Michael (2013): *Strategies and policies to support the competitiveness of German Mittel-stand companies*. In: Coltorti F.; Varaldo R. (szerk.): *Mid-sized Manufacturing Companies: The New Driver of Italian Competitiveness*. Springer, Milano, 147–168. o.
- Huawei-HRI (2016): *Industrie 4.0 im internationalem Vergleich*. Handelsblatt R. Institute
- Heilmann, D. - Eickemeyer, L. - Kleibrink, J. (2016) *Industrie 4.0 im internationalen Vergleich (HUAWEI)*, Handelsblatt Research Institute, Düsseldorf, Germany
- Kagermann Henning; Anderl R.; Gausemeier J.; Schuh, G.; Wahlster W. (szerk.) (2016): *Industrie 4.0 in a Global Context: Strategies for Cooperating with International Partners*. Herbert Utz Verlag, Munich
- Kagermann Henning; Wahlster W.; Helbring J. (2013): *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*. Forschungsunion im Stifterverband für die Deutsche Wirtschaft e.V., Berlin
- Kagermann Henning; Lukas Wolf-Dieter (2011): *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution*. *VDI Nachrichten*, Nr.13 2011.04.01., 2. o.
- Lee E. A.; Seshia S. A. (2011): *Introduction to Embedded Systems - A Cyber-Physical Systems Approach*. LeeSeshia.org
- May-Strobl Eva; Welter, Friederike (2015): *Das Zukunftspanel Mittelstand - Herausforderungen aus Unternehmersicht*. IfM Bonn, Bonn
- McKinsey & Company (2013): *How to make a city great*. Letöltve: 2015.08.12. [http://www.mckinsey.com/insights/urbanization/how\\_to\\_make\\_a\\_city\\_great](http://www.mckinsey.com/insights/urbanization/how_to_make_a_city_great)
- Monostori László; Kádár Botond; Bauernhansl T.; Kondoh T.; Kumara S.; Reinhart G.; Sauer O.; Schuh G.; Sihn W.; Ueda K. (2016): *Cyber-physical systems in manufacturing*. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 65(2), 621-641. o.
- NTP [Ipar 4.0 Nemzeti Technológiai Platform] (2017): *Az Ipar 4.0 fogalma*. [https://www.i40platform.hu/sites/Industrie%204.0\\_Definition.pdf](https://www.i40platform.hu/sites/Industrie%204.0_Definition.pdf) , Letöltve: 2017.10.12.
- Ostertag A. (2014): *Industry4.0: Flexible production with Plug&Produce*. Festo, Esslingen
- Plattform Industry 4.0 (2016): <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Home/home.html>, Letöltve: 2016.01.20.
- Probst L.; Lefebvre V.; Martinez-Diaz C.; Bohn N.U.; Klitou D.; Conrads J. (2018): *EU businesses go digital: Opportunities, outcomes and uptake, Digital Transformation Scoreboard 2018*. <https://ec.europa.eu/growth/tools-databases/default/Digital%20Transformation%20Scoreboard%2020180.pdf> , Letöltve: 2018.07.08.
- Roland Berger (2014): *Industry 4.0 – The new industrial revolution, How Europe will succeed*. Think Act March 2014, Munich
- Roland Berger (2015): *Industry 4.0 – The role of Switzerland within an European manufacturing revolution* Think Act, March 2015, Zurich
- Schröder Christian; Schlepphorst Susanne; Rosemarie Kay (2015): *Bedeutung der Digitalisierung im Mittelstand*. IfM Bonn, Bonn
- Schuh Günter; Anderl Reiner; Gausemeier Jürgen; Hompel Michael ten; Wahlster Wolfgang (2017): *Industrie 4.0 Maturity Index*. Herbert Utz Verlag, München
- Spath Dieter; Ganschar Oliver; Gerlach Stefan, Hämmerle Moritz; Krause Tobias; Schlund Sebastian (2013): *Produktionsarbeit der Zukunft Industrie4.0*. Fraunhofer Verlag, Stuttgart
- United Nations (2011): *Population distribution, urbanization, internal migration and development: An international perspective*. New York, Letöltve: 2017.03.12.
- United Nations (2015): Department of Economic and Social Affairs, Population Division 2015 forecast. <https://esa.un.org/unpd/wpp/> , Letöltve: 2017.03.12.
- Váncza József; Monostori László; Lutters E.; Kumara S.R.; Tseng M.; Valckenaers P.; Van Brussel H. (2011): *Cooperative, responsive manufacturing enterprises*. *CIRP Annals - Manufacturing Technology*, 60(2), 797-820. o.
- VDMA (2015): *Industrie 4.0 Readiness*. VDMA's IMPULS-Stiftung, Aachen, Köln
- Welter F.; Bijedic T.; Hoffman M. (2015): *Triebwerk des Erfolgs – Der deutsche Mittelstand im Fokus*. GE Capital Deutschland – Institut für Mittelstandsforschung, Bonn
- Weyer S.; Fischer S. (2015): *Gemeinschaftsprojekt Industrie 4.0 – Fortschritt im Netzwerk*. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Vol. 01-02, 50-53. o.