

# **ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.**

Studijní program: N6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208T088 Podniková ekonomika a management provozu

## **Průmysl 4.0 a jeho vliv na automobilový průmysl v Německu**

**Katrin Sommerfeld, B.Sc.**

Vedoucí práce: Ing. David Holman, Ph.D.



ŠKODA AUTO Vysoká škola

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Katrin Sommerfeld**

Studijní program: **Ekonomika a management**

Obor: **Podniková ekonomika a management provozu**

Název tématu: **Průmysl 4.0 a jeho vliv na automobilový průmysl v Německu**

Cíl: Cílem mé diplomové práce bude zhodnocení následků zavedení Průmysl 4.0 pro německý automobilový průmysl. Bude ověřena hypotéza, zda přechod na Průmysl 4.0 je pro německý automobilový průmysl nezbytný k udržení konkurenceschopnosti. Hlavním předpokladem k dosažení cíle práce bude vypracování přehledu o již využitých technologiích Průmyslu 4.0 v německém prostředí.

Rámcový obsah:

1. Představení Průmyslu 4.0 v ekonomicko-historickém kontextu.
2. Analýza aktuálně využívaných technologií průmyslu 4.0 v německých automobilkách.
3. Kvantifikace potenciálních přínosů pro konkurenceschopnost německého automobilového průmyslu

Rozsah práce: 55 – 65 stran


Seznam odborné literatury:

1. ZIEGLER, D. *Die industrielle Revolution*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft, 2005. 152 s. ISBN 3-534-15810-5.
2. MÜLLER, M. Volkswagen AG – "Wir definieren Mobilität neu" – Geschäftsbericht 2016. [online]. 2017. URL: [https://www.volkswagenag.com/presence/investorrelation/publications/annual-reports/2017/volkswagen/de/Y\\_2016\\_d.pdf](https://www.volkswagenag.com/presence/investorrelation/publications/annual-reports/2017/volkswagen/de/Y_2016_d.pdf).
3. KRÜGER, H. BMW Group "Eine neue Ära" – Geschäftsbericht 2016. [online]. 2017. URL: [https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup\\_com/ir/downloads/de/2017/GB/13044\\_BMW\\_GB16\\_de\\_Finanzbericht.pdf](https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/ir/downloads/de/2017/GB/13044_BMW_GB16_de_Finanzbericht.pdf).
4. HELBIG, J. – KAGERMANN, H. – WAHLSTER, W. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: "Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0" – Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. [online]. 2013. URL: [https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf).

Datum zadání diplomové práce: září 2017

Termín odevzdání diplomové práce: květen 2018

L. S.

  
**Ing. David Holman, Ph.D.**  
Vedoucí práce

  
**Mgr. Petr Šulc**  
Prorektor ŠAVŠ

  
**prof. Ing. Radim Lenort, Ph.D.**  
Vedoucí katedry

  
**Katrin Sommerfeld**  
Autorka práce

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil(a) autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Praze dne 13. května 2018

Handwritten signature in blue ink, reading "K. Soumarfeld".

Děkuji Ing. Davidovi Holmanovi, Ph.D. nejen za vynikající vedení práce a cenné rady, ale také za ochotu vést práci na aktuální téma v souvislosti s Průmyslem 4.0. Cením si toho, že jsem se mohla na něho kdykoliv obrátit s dotazy.

Děkuji také prof. Ing. Radimu Lenortovi, Ph.D., za konzultace ohledně formálních požadavků diplomové práce a za cennou zpětnou vazbu k jejím prezentacím.

Dále děkuji svým rodičům, že mi umožnili navazující magisterské studium.

## Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů.....	6
Úvod .....	8
1 Význam automobilového průmyslu pro německou ekonomiku .....	10
1.1 Situace automobilového průmyslu na světovém trhu .....	10
1.2 Situace automobilového průmyslu v Německu.....	12
2 Vývoj průmyslu od první průmyslové revoluce až k Průmyslu 4.0 .....	15
2.1 Historie Průmyslu 4.0 .....	15
2.2 Začátky Průmyslu 4.0 v Německu.....	18
3 Průmysl 4.0: relevantní technologie, postupy a vývoje pro automobilový průmysl.....	19
3.1 Technologie robotů .....	20
3.2 Big Data technologie.....	22
3.3 3D tisk.....	22
3.4 Embedded Systems a Cyber-Physical Systems (CPS) .....	24
3.5 Cloud Computing .....	26
3.6 Virtual Reality a Augmented Reality.....	27
3.7 Digitální továrna.....	28
3.8 Integrace vertikální a horizontální .....	28
3.9 IT-bezpečnost.....	30
4 Realizace Průmyslu 4.0 na příkladech značek Volkswagen a BMW .....	32
4.1 Představení společnosti VW AG.....	32
4.2 Představení společnosti BMW AG.....	44
5 Srovnání využití technologií průmyslu 4.0 společností VW a BMW .....	59
5.1 Ověření hypotézy a doporučení.....	63
Závěr.....	67
Seznam literatury.....	68
Seznam obrázků a tabulek .....	80

## Seznam použitých zkratk a symbolů

AG	Aktiengesellschaft, česky Akciová společnost
AR	Augmented Reality
BASF	Badische Anilin Soda Fabrik, největší chemický koncern na světě
BITKOM	Der Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien, česky Spolkový svaz hospodářství, informační technologie, telekomunikace a nových medií
CAD	Computer Aided Design
CAPE	Computer Aided Production Engineering
CPPS	Cyber Physical Production Systém
CPS	Cyber-Physical Systems, česky kyber-fyzikální systémy
DSCO	Deutsche Cyber-Sicherheitsorganisation, česky Německá organizace pro kybernetickou bezpečnost
EU	Evropská unie
FTS	Fahrerloses Transportsystem, česky přepravní systémy bez řidiče
GM	General Motors
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung, obchodní společnost německého práva – odpovídá české obchodní společnosti s.r.o
GPS	Global Positioning System
HRC	Human-Robot-Collaboration
IBM	International Business Machines
iiwa	Intelligent industrial work assistant
IoT	obvykle Internet of Things též pro Intranet of Things
IT	Informační technologie
LBR	Leichtbauroboter, česky robot lehké konstrukce
M2M	Machine-to-Machine
MRK	Mensch-Roboter Kooperation, spolupráce člověka s robotem

OEM	Original Equipment Manufacturer
RFID	Radio-frequency identification
SEAT	Sociedad Española de Automóviles de Turismo
STR	Smart Transport Robots
TPS	Toyota Production System
UR5	Universal Robots
VDA	Verband der Automobilindustrie, česky Svaz automobilového průmyslu
VDMA	Verband Deutscher Maschinen – und Anlagenbau, česky Svaz německého strojírenského průmyslu
VR	Virtual Reality
ZVEI	Zentralverband Elektrotechnik – Elektroindustrie, česky Centrální svaz průmyslu elektrotechniky a elektroniky



## Úvod

Pojem „Průmysl 4.0“ (německy „Industrie 4.0“) má své kořeny v souvislosti s největší průmyslovou výstavou světa Hannover Messe, kde se v roce 2011 konala prezentace projektu s tímto názvem (Kagermann a Lukas, 2011). Úspěch byl tak velký, že se tento pojem prosadil jako všeobecné označení pro souhrn technologického pokroku a potenciálu spojených s tzv. čtvrtou průmyslovou revolucí. Dnes se tento pojem již používá i v českém jazyce zcela běžně. Je to hlavně zásluhou Česko-německé obchodní a průmyslové komory. V roce 2015 totiž zahájila informační kampaň na toto téma.

Zástupci hospodářství trend k Průmyslu 4.0 hodnotí převážně pozitivně, vidí obrovský potenciál pro zvýšení efektivity průmyslu a růstu ekonomiky, zatímco širokou veřejnost trápí obavy, že lidská práce by se mohla stát již brzy nadbytečná.

Velké obavy mají hlavně zaměstnanci v automobilovém průmyslu, který je jak v Německu, tak i v České republice jeden z nejdůležitějších zaměstnavatelů. Situace je o to brizantnější, že se předpovídá, že počet zaměstnanců v automobilovém průmyslu se již z důvodu výroby automobilů s elektrickým pohonem sníží, neboť výroba elektromotorů je ve srovnání s běžnými motory technicky zdaleka jednodušší. Předseda podnikové rady německé automobilky Daimler, Michael Brecht, proto dokonce očekává, že ze sedmi zaměstnanců ve výrobě motorů bude při výrobě elektromotoru potřeba pouze jeden (Automobilwoche, 2016).

Veřejná diskuze je proto často ovládaná emocemi. Přitom by se měla vést věcně, neboť Průmysl 4.0 může být odpovědí na velké společenské problémy 21. století. V této práci se proto budu zabývat Průmyslem 4.0 a jeho vlivem na německý automobilový průmysl.

Německý automobilový průmysl je sice považován za jeden z nejvyvinutějších na celém světě. Jeho konkurenceschopnost je ovšem ohrožena, a to zejména aktuální situací na pracovním trhu, změně demografické struktury společnosti a globalizace. Tyto otázky jsou úzce spjaté.

Již dnes je velkou výzvou najít kvalifikovaný personál. Situace se do budoucna ještě zostří, neboť změna demografické struktury společnosti bude mít za

následek, že se počet potenciálních zaměstnanců pro automobilový průmysl ještě výrazně sníží.

Zároveň vede globalizace k tomu, že často dochází k přemísťování celé výroby automobilek do zahraničí, protože lidská pracovní síla tam bývá často výrazně levnější než v Německu. Německé automobilky soutěží tudíž s levnější konkurencí ze zahraničí.

Cílem mé práce je proto ověření hypotézy, že přechod na Průmysl 4.0 je pro německý automobilový průmysl nezbytný k udržení konkurenceschopnosti na trhu.

# **1 Význam automobilového průmyslu pro německou ekonomiku**

## **1.1 Situace automobilového průmyslu na světovém trhu**

Na světovém automobilovém trhu bylo v roce 2016 vyprodukováno celkem cca. 95 milionů vozů, z toho 72 milionů osobních a okolo 23 milionů užitkových automobilů (OICA, 2017). Výroba automobilů vzrostla tak oproti roku 2015 o 4,42 %. Mezi nejvýznamnější výrobní země patřila Čína, USA, Japonsko, Německo a Indie.

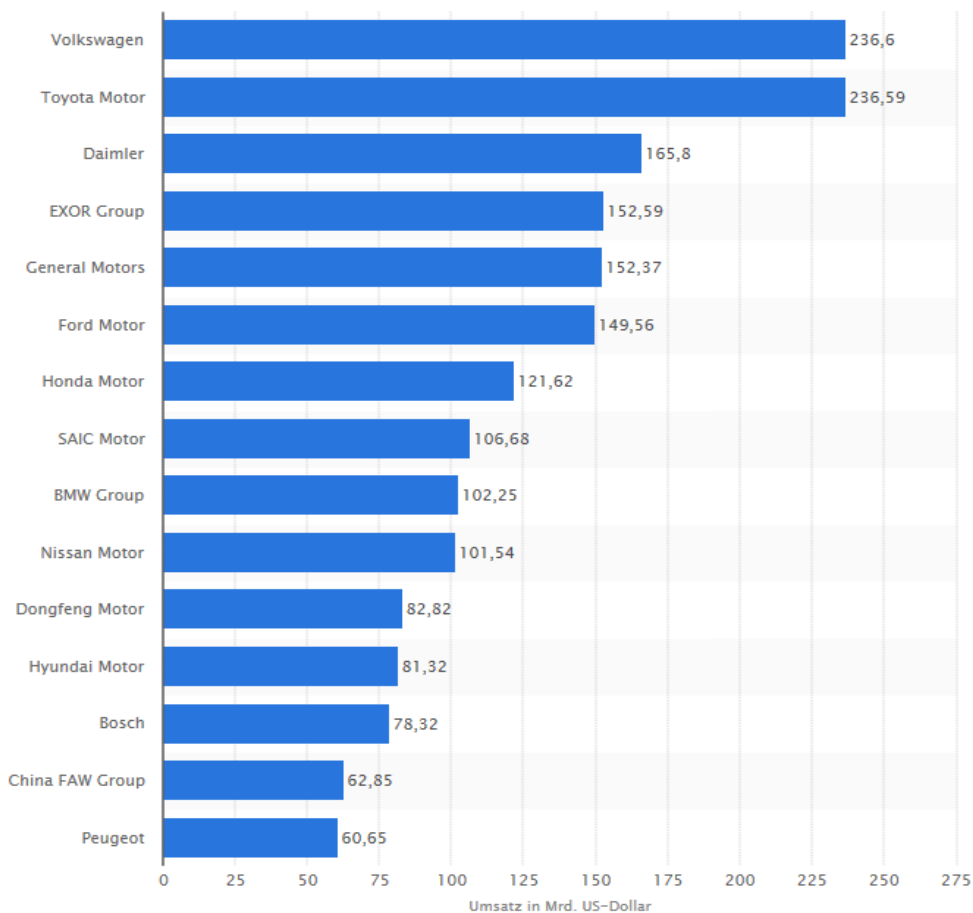
V Číně se vyrábělo nejvíce automobilů, a to 28,1 milionu, následovalo USA s 12,2 milionu a Japonsko s 9,2 milionu. Již na čtvrtém místě bylo Německo se 6,1 milionu vyprodukovaných automobilů. Na 5. místě následovala Indie, kde se vyrobilo 4,5 milionu automobilů.

Výsledky z roku 2016 ukazují, že podíl těchto pěti států tvořil skoro dvě třetiny (63 %) celkové světové automobilové produkce.

Německá Volkswagen Group přitom představuje jednoho z nejdůležitějších hráčů na celosvětovém trhu, který vyrobil v roce 2016 celkem 10,1 milionu vozů, tedy více než 10 %. Pouze japonská skupina Toyota vyrobila ještě o 100 000 vozidel více než Volkswagen. Korejská společnost Hyundai (7,9 milionu) skončila na třetím a americká společnost General Motors (7,8 milionu) následovala na čtvrtém místě (OICA, 2017).

Srovná-li se obrat za rok 2015, viz následující obrázek 1, lze konstatovat, že v roce 2015 byla na prvním místě Volkswagen Group, která vytvořila obrat ve výši 236,6 miliardy dolarů. Obrat společnosti Toyota Group ovšem byl jen minimálně nižší a činil 236,59 miliardy dolarů. Zajímavé je, že se na třetím místě nacházela německá společnost Daimler AG, která vyrobila sice jen 2,13 milionu vozidel (OICA, 2016), ale vykazovala obrat ve výši 165,8 miliardy dolarů. Na devátém místě ve světovém žebříčku automobilového průmyslu se nacházela německá společnost BMW Group. Roční obrat zde činil 102,2 miliardy dolarů.

Podivuhodné přitom je, že Volkswagen vyráběl čtyři – až pětkrát více automobilů než BMW a Daimler AG. Přitom tyto automobilky měly obrat, který odpovídal více než třetině, resp. polovině obratu Volkswagenu.



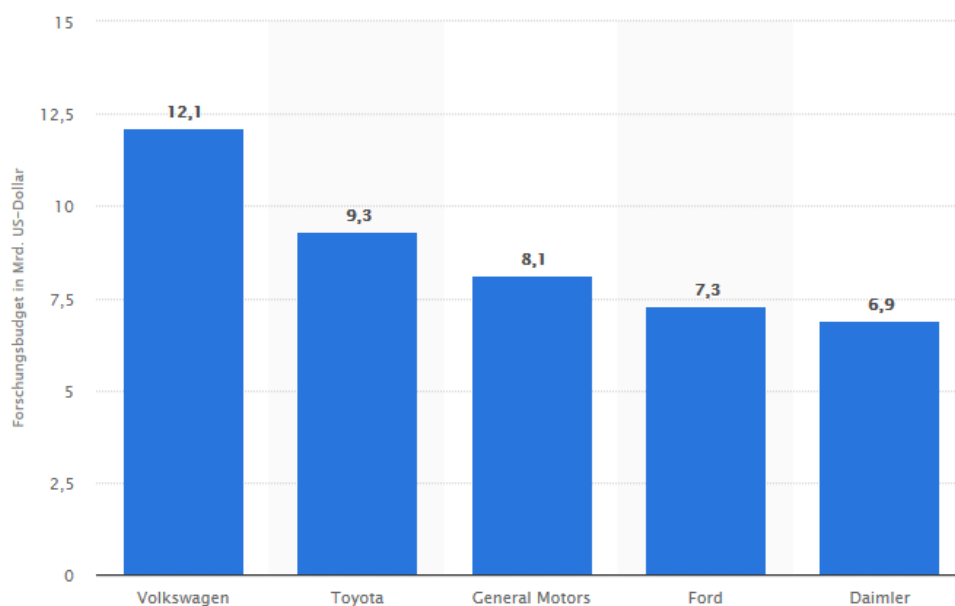
Zdroj: statista.com

**Obr. 1 Automobiloví výrobci a dodavatelé s největším obrátem na světě v roce 2015 (v miliard US-dolarů)**

Všechny automobilky investují velké finanční částky do průzkumu a vývoje. Automobilka Volkswagen přitom disponovala v roce 2017 s velkým odstupem s největším rozpočtem na výzkum, který činil 12,1 miliardy dolarů, viz následující obrázek 2. Je proto důležitým investorem a zaměstnavatelem v oblasti výzkumu a vývoje hlavně v Německu. Zde vznikají inovace a technologické know-how, které tvoří základ průmyslové konkurenceschopnosti. Německý automobilový průmysl je proto také průkopník v otázce Průmysl 4.0.

Japonská Toyota Group při srovnatelném obrátem jako Volkswagen má k dispozici na účely vývoje jen rozpočet ve výši 9,3 miliardy dolarů. Následují General Motors s 8,1 miliardy dolarů a Ford se 7,3 miliardy dolarů.

Na pátém místě se již nachází automobilka Daimler, která disponuje s rozpočtem ve výši 6,9 miliardy dolarů pro účely R&D (Statista, 2017).



Zdroj: statista.com

**Obr. 2 Automobiloví výrobci s největším rozpočtem na výzkum v roce 2017**

## 1.2 Situace automobilového průmyslu v Německu

V roce 2016 činil HDP 3 130 miliard euro v Německu (Statista, 2017). Z toho vygeneroval automobilový průmysl 407 miliard euro, což odpovídá 13 % celkového obrátu (Statistisches Bundesamt, 2017). Domácí obrát z toho činil 150 miliard euro a zahraniční obrát 257 miliard euro (Statistisches Bundesamt, 2017). Dvě ze tří vozidel (63 %) se prodalo do zahraničí. V roce 2016 pracovalo v automobilovém průmyslu v Německu celkem 828 000 zaměstnanců, což odpovídá 14 % celkového počtu osob zaměstnaných v průmyslové výrobě (Statistisches Bundesamt, 2017). Zhruba každý třetí zaměstnanec v automobilovém průmyslu pracoval pro subdodavatele (303 000 lidí) (Statista, 2017).

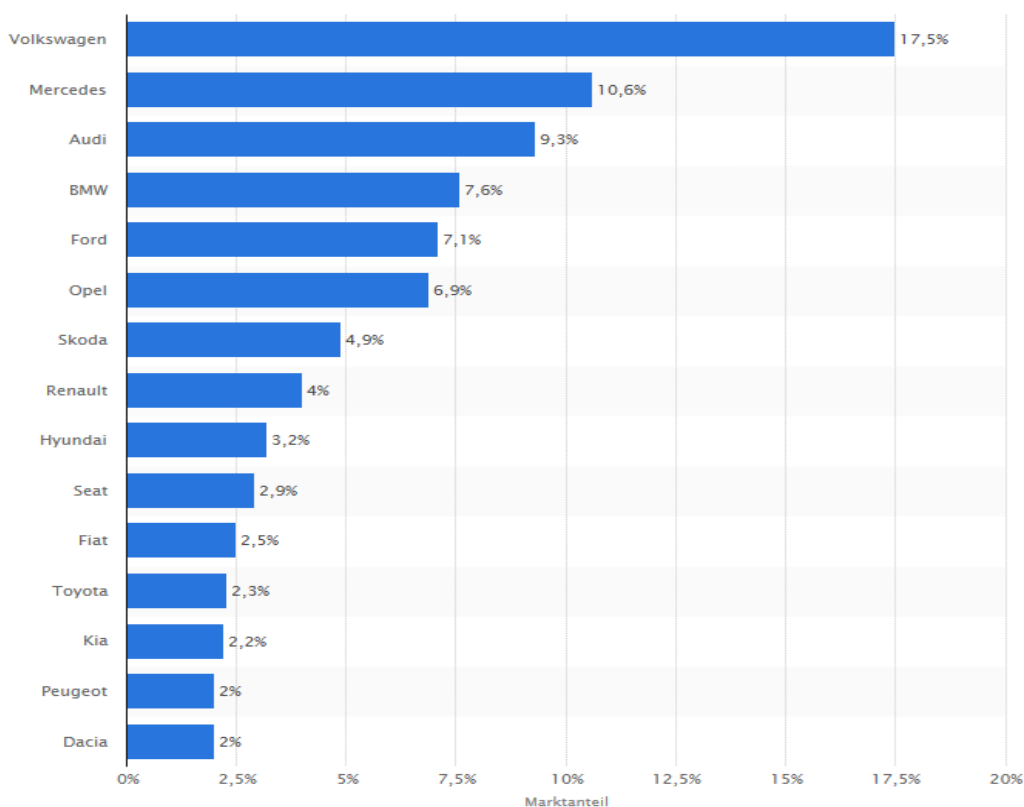
Růst objemu výroby v Německu, vysoké využití kapacit, jakož i dobré výsledky vývozu, zejména do EU a Číny, přispělo k nízké nezaměstnanosti v Německu. Nezaměstnanost v Německu v roce 2017 činila 5,7 % (Statista, 2017), což odpovídá 2,55 milionu nezaměstnaných (Statista, 2017).

### Tržní podíly automobilek v Německu

Jak je v následujícím obrázku 3 vidět, byla v roce 2017 v Německu s velkým odstupem nejprodávanější značka Volkswagen. 17,5 % všech nových osobních automobilů byly od této značky. Již na druhém místě stála firma Mercedes (tržní podíl: 10,6 %). Následovala společnost Audi (tržní podíl: 9,3 %) a pak BMW (tržní podíl: 7,6 %). Na sedmém místě se usadila Škoda Auto (tržní podíl: 4,9 %) (Statista, 2017).

Zajímavé přitom je, že téměř každý třetí nový automobil v Německu byl vyrobený od automobilky patřící ke koncernu VW a prakticky každé druhé nové auto bylo vyrobeno německou automobilkou.

### *Tržní podíly největších automobilových značek v Německu v červenci 2017 měřeno na počet nových registrovaných automobilů*



Zdroj: statista.com

**Obr. 3 Tržní podíly největších automobilových značek v Německu**

## **Význam německého automobilového průmyslu**

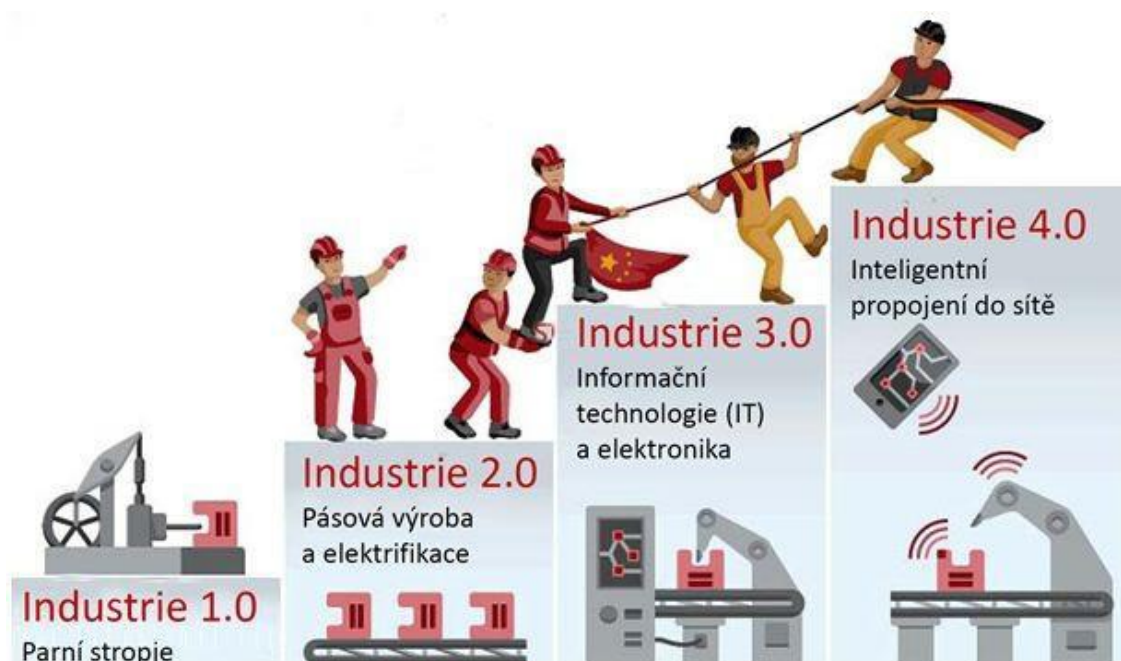
Automobilový průmysl má velký význam pro německé hospodářství. Vytváří značný podíl na HDP a je zatím ještě pořád klíčovým faktorem pro zajištění a vytváření pracovních míst v Německu.

Německé automobilky, zejména Volkswagen Group, BMW Group a Daimler Group přitom patří mezi nejvýznamnější výrobce automobilů na celém světě. Německé automobilky mají však velkou mezinárodní konkurenci, a to hlavně s Asií. Toyota a Hyundai lze označit jako hlavní konkurenty německých automobilek.

Do budoucna budou ale pravděpodobně hrát i čínské automobilky větší roli na světovém trhu. Německý automobilový průmysl musí tedy již dnes zajistit opatření, aby si mohl zachovat pozici na světovém trhu, a i význam pro německé hospodářství.

## 2 Vývoj průmyslu od první průmyslové revoluce až k Průmyslu 4.0

Pojem Průmysl 4.0 implikuje, že musí existovat také průmysl 1.0, 2.0 a 3.0. Přesnější by ovšem bylo, kdyby se místo toho hovořilo o první, druhé, třetí a čtvrté průmyslové revoluci (viz Obr. 4), přičemž k tomuto rozlišování došlo v návaznosti zavedení pojmu Průmysl 4.0. Předtím se spojoval s pojmem „průmyslová revoluce“ hlavně historický vývoj, který se dnes považuje za první průmyslovou revoluci.



Zdroj: automatizace.hw.cz

**Obr. 4 Průmyslové revoluce**

### 2.1 Historie Průmyslu 4.0

#### Průmyslová revoluce 1.0

První průmyslová revoluce má své počátky na konci 18. století v Anglii. Ve druhé polovině 19. století se rozšířila skoro do celé Evropy. Průmyslové revoluci přitom předcházela agrární revoluce. Situace do té doby byla totiž taková, že jak v Anglii, tak na evropském kontinentě většina lidí pracovala v zemědělství, ale přesto často vládl hladomor.



Změnu přinesly hlavně vylepšené kultivační metody a vylepšené zemědělské stroje. To vedlo k významnému zvýšení úrod. Zároveň byla potřeba ale méně pracovních sil. Zemědělství tedy bylo schopno uživit více lidí, kteří se vydali za prací do města. Koncem 18. století vznikl právě pro tyto lidi velký počet pracovních míst v nově zrozeném průmyslu, který byl výsledkem tzv. průmyslové revoluce.

Vznik první průmyslové revoluce je podmíněn vynálezy nových strojů a nových pohonných technik, jako např. parního stroje v polovině 18. století, který se stal vyloženě „motorem“ první průmyslové revoluce. James Watt koncem 18. století vylepšil parní stroj totiž tak, že mohl být využíván v továrnách jako pohon těžkých strojů.

Parní stroj vedl také k vynálezu nových dopravních prostředků jako parních lokomotiv a parníků (Geiß, 2008). To vedlo k velkému převratu v logistice. Umožnilo to totiž přepravu velkého množství surovin a zboží přes velké vzdálenosti za poměrně nízké náklady.

## **Průmyslová revoluce 2.0**

Druhá průmyslová revoluce, která se konala na počátku 20. století, přinesla další vlnu technologických inovací, zejména zavedení elektrické energie a spalovacích motorů, které umožnily mimo jiné vynález automobilů a letadel.

Tato doba se vyznačuje ale také novými organizačními formami výroby, a to zejména Taylorismem a Fordismem.

Frederick Taylor (1856-1915) se zabýval z vědeckého hlediska s řízením podniku a analyzoval, jak by se mohla zvýšit produktivita práce dělníka. Hlavní poznatek Taylora byl, že dělba práce vede k zvýšení výsledku, přičemž se lidská práce má co nejvíce přizpůsobit požadavkům strojů.

Aplikace těchto poznatků se uskutečnila poprvé v roce 1870 při zavedení dopravního pásu na jatkách v americkém městě Cincinnati. Světový význam získala tato technologie ovšem až v roce 1913, kdy ji Henry Ford jako první na světě zavedl ve výrobě automobilů. Proto se nazývá ustálenou organizační formou průmyslové produkce na základě pásové výroby také Fordismus

(Vahrenkamp, 2010). Tato organizační forma vedla k výraznému snížení cen průmyslových výrobků.

### **Průmyslová revoluce 3.0**

Začátek a konec třetí průmyslové revoluce lze jen těžko určovat. Velkou cézuru pro průmysl a vývoj nových technologií však znamenal konec druhé světové války, neboť po letech soustředění se na zbrojařství byl opět prostor pro civilní průmysl. Z technologického hlediska přitom vedl další vývoj IT technologie k dalším pokrokům v průmyslu (Frick, 2014). Podniky se přitom čím dál tím víc začaly oddalovat od Taylorismu a Fordismu pomocí využívání výpočetní technologie a dalšími technologickými inovacemi, které umožnily alespoň částečnou automatizaci výroby. Během třetí průmyslové revoluce se také začínají využívat první průmyslové roboty.

Spolu s vývojem internetu tvoří výpočetní technologie právě v druhé polovině minulého století důležitý základ pro současnou 4. průmyslovou revoluci. Hranice mezi Průmyslem 3.0 a 4.0 se proto dá jen těžko určovat. Období Průmyslu 4.0 ale nepochybně ovládnou inteligentní továrny, tzv. „Smart Factories“.

### **Průmyslová revoluce 4.0**

Období Průmyslu 4.0, které směřuje k téměř samostatně organizované výrobě, se zatím nachází na svých počátcích.

Lidé, stroje, zařízení, logistika a produkty budou přímo komunikovat a kooperovat za účelem plnění úkolu. Výrobní procesy a procesy logistiky mezi jednotlivými podniky ve stejném produkčním procesu budou mezi sebou také inteligentně propojeny (Eisert, 2014), aby mohla být výroba ještě více flexibilní a efektivní. Chytrá továrna bude schopna zharmonizovat stroje za sebou a sladit dodavatelské řetězce tak, aby šetřila čas a nerostné bohatství. Největší změnou však bude, že průmysl umožní splnění individuálních přání zákazníků dokonce při výrobě malého počtu kusů. Místo na výrobu na sklad, bude probíhat produkce mnoha výrobků podle poptávky nebo podle skutečné potřeby (tzv. on demand).

Čtvrtá průmyslová revoluce je označována také jako digitální revoluce. Klade se důraz na rostoucí digitalizaci dřívější analogové techniky a integraci kyberfyzikálních systémů (Industrie, 2017).

## 2.2 Začátky Průmyslu 4.0 v Německu

Jak jsem se již zmínila na začátku této práce, původem pojmu „Průmysl 4.0“ je prezentace projektu s tímto názvem na průmyslové výstavě v Hannoveru. Tento projekt iniciovala spolková vláda Německa, v rámci devíti dalších projektů, které byly zařazeny do akčního plánu tzv. „**Hightech – Strategie 2020**“ (Mosler, 2017). Spolková vláda poznala včas, že technologický pokrok má velký potenciál pro průmyslovou výrobu, a proto jej od tohoto roku začala cíleně podporovat (Sommer, 2016).

O dva roky později, v dubnu roku 2013 na Hannover Messe, byla prezentovaná závěrečná zpráva od „Arbeitskreis Industrie 4.0“ tohoto projektu, která konkretizovala a doplňovala doporučení pracovních kroků Průmyslu 4.0 z října 2012. Tato zpráva sloužila jako základ pro práci „Platformy Průmyslu 4.0“.

Spolkový ministr hospodářství Dr. Phillip Rösler zde spustil symbolicky novou internetovou stránku „Plattform Industrie 4.0“. Cílem této „Platformy Průmyslu 4.0“ je podpora spolupráce přes hranice branží a podpora uplatnění Průmyslu 4.0 v hospodářství (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2013).

Iniciativu Ministerstva pro hospodářství podpořily mimo jiné významné svazy jako Spolkový svaz hospodářství, informační technologie, telekomunikace a nových medií BITKOM, svaz německého strojírenského průmyslu VDMA a centrální svaz průmyslu elektrotechniky a elektroniky ZVEI. Dohromady zastupující přes 6 000 firem, které se shodly na společných koncepcích rozvoje tématu Průmyslu 4.0. Jeho cílem je rozvíjet inteligentní infrastrukturu tak, aby se z řetězce přidané hodnoty stala síť přidané hodnoty (Grupp, 2016).

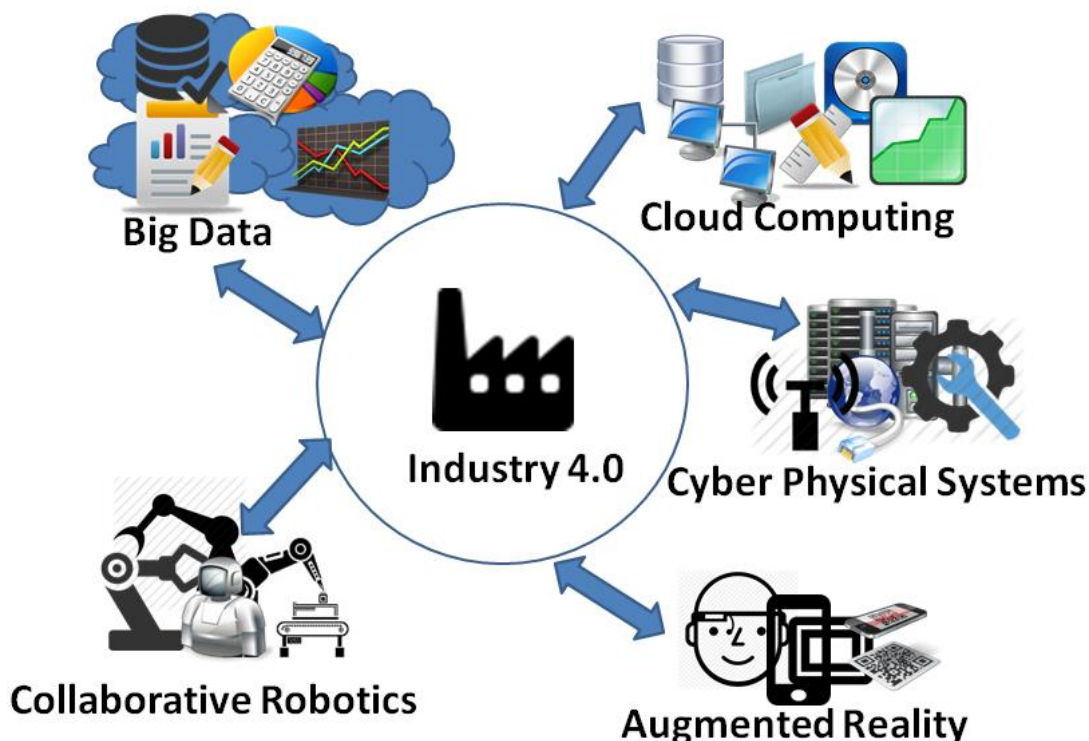
### 3 Průmysl 4.0: relevantní technologie, postupy a vývoje pro automobilový průmysl

Automobilový průmysl je již dnes vysoce automatizovaný. Budoucnost přinese na cestě k chytré a autonomní továrně Průmyslu 4.0 řadu dalších technologií a produkčních postupů.

Jednu z hlavních rolí budou hrát nadále roboty, které díky Big Data technologiím budou získávat čím dál tím větší inteligenci a samostatnost. Kyber-fyzikální systémy přitom představují rozhraní mezi digitálním a reálným světem, které umožňují komunikaci mezi stroji, a dokonce mezi továrnami v celém dodavatelském řetězci.

Jsou to ale také další technologie jako například 3D tisk, které budou znamenat pro automobilový průmysl obrovský převrat, neboť se zcela liší od dosavadních produkčních metod.

Následující kapitola je proto věnovaná této a dalším vybraným technologiím a postupům (viz Obr. 5).



Zdroj: rvantage.net

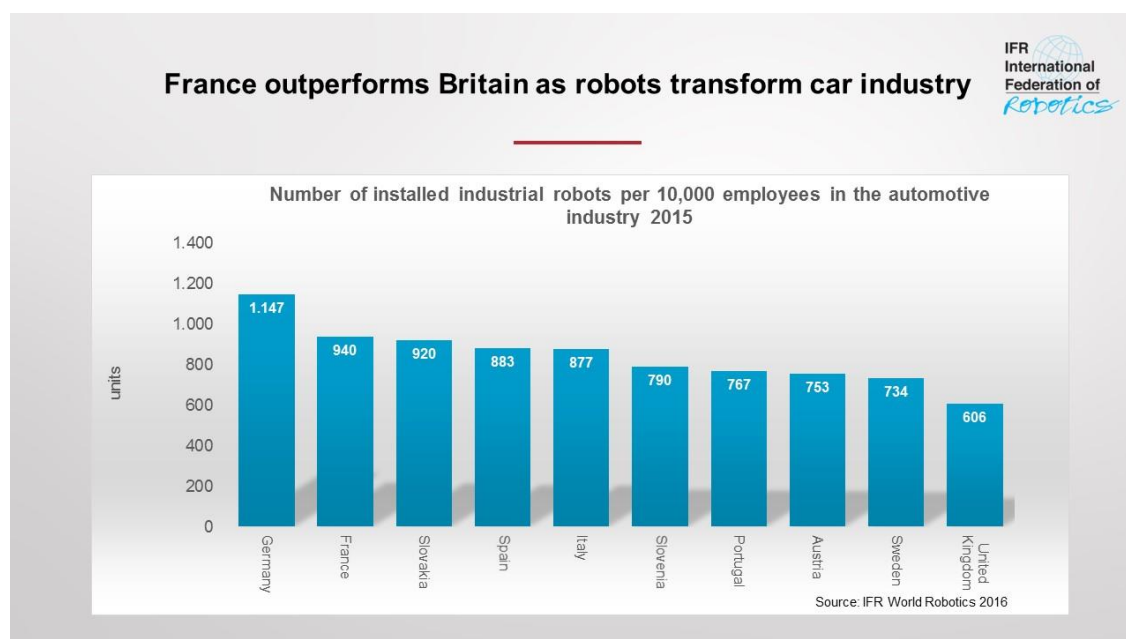
**Obr. 5 Relevantní technologie Průmyslu 4.0 v automobilovém průmyslu**

### 3.1 Technologie robotů

Základní technologie pro další vývoj Průmyslu 4.0 jsou i nadále roboty. S tímto pojmem se spojuje okamžitě automatizace. Slovo robot je přitom odvozeno od českého slova „robota“, které se používalo jako označení pro neplacenou, často tělesně náročnou práci, než tento pojem začal používat Karel Čapek v jeho díle R.U.R. pro uměle stvořené pracovníky. První průmyslové roboty, které byly zavedeny již na začátku třetí průmyslové revoluce, se ale výrazně lišily od představ Čapka.

Tyto průmyslové roboty jsou stroje, které se samostatně pohybují a mohou vykonávat určité činnosti. S jejich pomocí se nechá pohybovat flexibilně s nářadím a díly ve všech jejich šesti volných stupních. Jinak se však flexibilně nepohybují, jsou ukotveny většinou v podlaze ve výrobní hale a jsou odděleny ochranným síťovým plotem od svého okolí (Haag, 2014).

Německý automobilový průmysl využívá již dnes do značné míry průmyslové roboty ve výrobě. V roce 2015 přicházelo na 10 000 zaměstnanců již 1 147 průmyslových robotů v automobilovém průmyslu. Takový vysoký poměr nenajdeme nikde jinde v EU (Ifr, 2017).



Zdroj: ifr.org

**Obr. 6 Hustota robotů v automobilovém průmyslu ve vybraných zemích 2015**

Tyto průmyslové roboty pracují plnoautomatizovaně, a to při stavbě karoserií, v lakovně a při zhotovování elektronických dílů, tam kde není nutno mnoho variovat. Činnost robotů byla v minulosti striktně oddělena od činnosti lidských pracovníků tzv. síťovými boxy z důvodů bezpečnosti práce (Welt, 2013).

Změny přinese Průmysl 4.0. Jeden z průkopníků v oblasti nové generace robotů nejsou velikáni branže Siemens a Bosch, ale naopak středně velká firma Kuka. Tato firma se hlavně specializuje na tzv. asistenční roboty, které odpovídají význačně více požadavkům Průmyslu 4.0.

V roce 2015 na Hannover Messe představila firma Kuka robota „intelligent industrial work assistant“ (iiwa) - tedy inteligentního průmyslového pracovního asistenta, u kterého se uplatnila lehká konstrukce, který má extrémní pohyblivost díky jeho sedmiosovému ramenu (Buchenau, Höpner, 2015).

Tento senzitivní robot je vyroben z lehkých materiálů. Z toho důvodu se při jeho použití spotřebovává méně energie. Lze ho snadněji přemístit, a to případně dokonce autonomně. Je vybavený různými druhy senzorů, které vedou k velmi dobré spolupráci člověka s robotem. Snímače síly, které reagují na jakékoliv přiblížení robota k člověku, zajišťují okamžitou redukci rychlosti pohybu a případné zastavení robota. Všechny tyto aktivity týkající se tohoto senzitivního robota jsou úzce spjaty s kyber-fyzikálními systémy (CPS) a komunikací stroje se strojem (M2M) (Egs, 2016). Snižuje se takto riziko poranění.

Robot iiwa od Kuky je tím pádem první senzitivní robot vybavený s bezpečnostní technikou, který může spolupracovat ruku v ruce s člověkem bez ochranného plotu. (Unger, 2015). Další předností tohoto senzitivního robota je, že se nechá jednodušeji a rychleji přizpůsobit na změny ve výrobě. Tato flexibilita bude více a více žádána v Průmyslu 4.0.

Vedle spolupráce člověka s roboty bude do budoucna hrát čím dál větší roli komunikace mezi roboty a toto vyžaduje umělou inteligenci. Procesy a komunikace budou takto totiž moci fungovat zcela autonomně.

### **3.2 Big Data technologie**

Big Data je klíčový pojem, který označuje nejrůznější operace s velkým množstvím dat, zejména sledování a vyhodnocování dat, jejich vyhledávání a interpretace, analyzování, předpověď a plánování, management dat a jejich integrace. Těmito operacemi jsou zpracovávána jak strukturovaná, tak nestrukturovaná data až v rozměru Exa-Bytů (Krocker, 2016). Množství dat v podnicích ale i mimo ně rostou soustavně a stále rychleji.

Agregace a zpracování dat ve výrobě mohou pomoci k jejímu vylepšení. Největší potenciál má využívání Big Data technologií ovšem mimo továrnu. Chytrá auta generují velké množství dat, které mohou sloužit různým účelům. Jeden z těchto účelů je využívání těchto dat pro služby ve smyslu mobility-as-a-service (Whitson, 2017). Sem můžeme zařadit např. služby, které předpovídají dopravní situaci a řešení pro smart parking.

Tyto doplňkové služby, které lze realizovat pomocí Big Data technologie, budou mít čím dál tím větší význam pro automobilový průmysl, neboť automobilky mohou s digitálními službami vytvářet stálý a pravidelný příjem i v tom případě, že vlastníci automobilů by nekupovali tak často nová vozidla jako v současné době (Stricker, Wegener, Anding, 2014). Proto v dnešní době skoro každá německá automobilka provozuje digitální laboratoře, kde se mimo jiné vyvíjí technologie a obchodní modely pro digitální doplňkové služby na základě Big Data.

Dále pomocí chytrých aut a jimi vygenerovaného velkého množství dat budou automobilky poznávat vlastní výrobky, se zatím neznámou precizností, a to dokonce po dobu celého životního cyklu vozidla. Tímto způsobem budou automobiloví výrobci lépe schopni poznávat problémy u svých výrobků. Tyto informace budou moci následně využít k vylepšení výroby.

### **3.3 3D tisk**

S 3D tiskem se změní způsob výroby. Doposud byly výrobky vyráběny opracováním z hrubého vylisku a s velkým množstvím odpadu. Použitím technologie 3D tisku je možno díly vyrobit vcelku a tím odpadnou další výrobní kroky. Dokonce je možno vyrobit duté a tím pádem i lehčí montážní prvky.

Montážní prvky se nevyrábějí klasickým způsobem a to vrtáním, frézováním, pilováním, soustružením atd., ale díl se vyrábí na základě 3D modelu, který je vymodelován v tzv. CAD (Computer Aided Design) softwaru, z materiálu podle přání například z umělé hmoty a to navrhováním vrstvy na vrstvu, přičemž materiál se vrství tím, že se vstříkuje tato hmota tryskami a potom se na příslušná místa navrhuje. Výroba se provádí pomocí počítače na základě předem daných rozměrů a forem. Prostřednictvím 3D tisku jsou možné aditivní výrobní procesy (Astor a kol., 2013).

3D tiskárny existují jak pro průmyslové tak i pro soukromé potřeby. Pro soukromé potřeby se dá pořídit 3D tiskárna pod 1 000 euro (Schwalb, 2013), pro průmyslové účely jsou pořizovací ceny výrazně vyšší.

Přesto má i průmysl zájem o tuto technologii, neboť se dají vyrábět díly s komplexní geometrií neobvyklých forem, které se dosud buď z technologických nebo hospodářských důvodů při klasické výrobě nerentovaly nebo byly spojeny se značnými výlohami.

Další problém 3D tisku lze spatřit v ohraničení velikosti a délky dílů, a to maximálně okolo jednoho metru. V závislosti na druhu montážního prvku může být 3D tisk také velice časově náročný. Proto je 3D tisk v současné době jako výrobní proces vhodný jen u vysoce hodnotných dílů a velice malých sérií (Astor, 2013).

Aditivní výrobní procesy mají však nedohledné možnosti ve vývoji a budou důležitou částí mozaiky pro další vývoj Průmyslu 4.0 v automobilovém průmyslu.

V současné době je 3D tisk využíván především při stavbě prototypů, montážních prvků v malých sériích a náhradních dílů (Kegelman Technik, 2017). Právě s 3D tiskem technologií se nechají hlavně zredukovat náklady na skladování. Je pouze nutno zarchivovat konstrukční nákresy, podle kterých je možno všechny náhradní díly kdykoliv, a dokonce i kdekoliv decentrálně na přání zákazníka vyrobit. Tímto se zkrátí nejen dodací lhůta, ale i dopravní výlohy, a přitom to povede i k větší spokojenosti zákazníků.

Další oblastí v automobilovém průmyslu je využití technologie 3D tisku, a to ve výrobě individuálních pracovních pomůcek za účelem snížení ergonomického zatížení pracovníků.



### 3.4 Embedded Systems a Cyber-Physical Systems (CPS)

Důležitou roli pro Průmysl 4.0 hrají také „kyber-fyzikální systémy“, ve zkratce CPS. Kyber-fyzikální systémy jsou spojení reálných (fyzických) objektů a procesů s (virtuálními) objekty zpracovávajícími informace a procesy přes otevřené, částečně globální a v každém čase mezi sebou propojenými informačními sítěmi (Bettenhausen, Kowalewski, 2013). CPS vedou tedy k splynutí fyzického a digitálního světa.

Tato technologie tvoří i základ pro implementaci Průmyslu 4.0 v automobilovém průmyslu. U CPS se jedná například o objekty, které obsahují vestavěné systémy (Embedded Systems), kde jde o kombinaci softwarových a hardwarových komponentů použitých k řízení, regulaci a dohlížení na systém. Toto se stává tolikrát, kolikrát je to nutné, závislé na požadavcích v reálném čase.

Reálným časem se zde rozumí provoz informačně-technických systémů, které mohou dodat určité spolehlivé informace během určitého časového úseku (Jäkel a kol., 2017).

Embedded Systems mohou vzájemně komunikovat přes internet. Senzory získávají data o prostředí, vyhodnocují je a mohou ovlivňovat reálný svět skrze nové „vědomosti“ pomocí akčních členů a reagovat v případě potřeby i na neplánované události, např. selhání stroje (Simon, 2013). V důsledku toho se virtuální svět stále více spojuje s kyberprostorem.

Další vývoj “embedded software“ je nezbytný. Není pouze tématem Průmyslu 4.0. Hrál již velkou roli před jeho diskuzí, neboť má centrální význam nejen pro kyber-fyzikální systémy, ale i pro senzitivní roboty a 3D tisk.

Novým aspektem bude digitální propojení mimo vlastní výrobní prostředí, čímž je pak možné skoro neohraničené spojení s ostatními účastníky v procesu, a to nejen staticky, ale i dynamicky během výroby. To znamená, že v čase výroby se je možno spojit s daty, informacemi a službami, které leží mimo výrobní síť. K řízení takovýchto zařízení jsou právě nutné CPS, které se nazývají Cyber Physical Production System (CPPS).

Vývoj CPPS stojí v současné době ještě v začátcích. Tyto novodobé řídicí systémy v produkci budou muset reagovat na veškeré změny ve výrobě, budou koordinovat jednotlivé CPS, vlastně řídit proměny v produkci. Jejich cílem bude

dosáhnout vyšší flexibility ve výrobě (Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2017). Zvýšená flexibilita se nechá získat nejen M2M komunikací mezi dvěma stroji, ale i přes autonomní mobilní asistenty. Aby mohl být úspěšně absolvován přestup na tyto CPS, musejí se všichni aktéři všech procesů sjednotit na stejných standardech a referenčních systémech.

V automobilovém průmyslu v současné době výrobci dostoupili už hranice, co se týče komplexibilního a variabilního managementu. Proto se vývoj shora uvedených výrobních systémů bude využívat v největším měřítku v této branži, a to především při činnostech v montáži, kde je stále ještě největší potenciál, - právě díky složitosti -, který může být těmito novými systémy využit. Pak změna takovéto továrny může vést k výrobě libovolnému počtu výrobků při minimálních nákladech. Toto je však neodmyslitelné bez přístupu Lean Production, který představuje odborný základ a principy, na kterých bude tato změněná továrna dále stavět.

Průmysl 4.0 může být viděn jako další podpůrce Lean Production, neboť vzniklá transparence díky digitálně propojeným systémům podporuje neustále se zlepšující proces (Abele a kol., 2008).

Automobilka budoucnosti musí být variabilní a být schopna akceptovat okamžitě případné změny požadavků a přání zákazníků. K tomu je potřeba vyvinout plně flexibilní výrobní systém (CPPS) a uvést jej do provozu. Ale přesto již CPS přinesly zlepšení v automobilovém průmyslu, a to díky inteligentním (chytrým) strojům a zařízením, které mají možnost komunikovat na základě embedded systems.

Například optimalizace technické údržby (predictive maintenance) – hlavní téma Hannover Messe v roce 2017 bylo, že dnes poznají inteligentní systémy poruchu u stroje dříve, než vyvstane, vlastně určí diagnózu (Deutsche Messe AG, 2017), Výsledkem toho je správné využití stroje, stoupající produktivita při současně redukováných nákladech.

### 3.5 Cloud Computing

Cloud Computing popisuje různé služby – ukládání dat, početní výkony a uživatelský software, které jsou uloženy společně na serverech a dány k dispozici uživatelům pomocí internetu k používání podle potřeb (Zehrfeld, 2013).

Služby jsou spotřebitelům nabízeny vždy v potřebném výkonu a bez jakékoliv závislosti na systému. Tyto služby hrají významnou roli pro velké firmy, ale i u malých a středních podnikatelů, kteří nemají dostatečné odborné znalosti v oblasti IT, případně dostatek finančních prostředků.

Pro uživatele to znamená, že mohou pružně reagovat na nové výzvy, a přitom minimalizovat investiční a běžné výlohy. Cloud Computing má velký význam při výrobě v Průmyslu 4.0.

Jedna z nejvýznamnějších předností je možnost kdykoliv a v jakémkoliv množství stupňovitě rozšířit nebo případně zmenšit IT – infrastruktury a IT – řešení.

Jako další očividná přednost je optimalizace cash flow. S Cloud Computing je možné snížit náklady a redukovat investice, tzn. může se používat tolik IT zdrojů, kolik je právě potřebné a nevznikají žádné fixní výlohy za přebytečné hardwarové nebo softwarové licence. Úspory se mohou ve firmě lépe využít například k vývoji nových výrobků, optimalizaci hodnotových řetězců nebo inovaci a testování obchodních modelů.

Vznikají tímto nové možnosti pro experimentování, což by si malí a střední podnikatelé za normálních podmínek nemohli dovolit. Tím že je Cloud Computing organizačně flexibilní, může docházet k výborné spolupráci. Na jednom úkonu může současně pracovat i více členů hodnotového řetězce a tím zvyšovat efektivitu podniku (Harth a kol., 2013).

Co se týče organizační formy, je možné rozlišit Cloud na veřejný, soukromý, hybridní a komunitní (Fraunhofer IAO, 2017).

U veřejného (Public Cloud Computing) nabízí provozovatel služby volně dostupné pro každého na internetu (např. Google-Docs). U privátního Cloud dává k dispozici příslušné služby sám podnik nebo externí provozovatel služeb.

Na rozdíl od veřejného Cloudu na data a funkce mají přístup výhradně spolupracovníci podniku. Data se nalézají buď v podnikovém nebo externím výpočetním středisku. Tento přístup zvolili prakticky všechny Original Equipment Manufacturer (OEM) a subdodavatelé.

Hybridní Cloud představuje smíšenou formu, a to z veřejného a soukromého Cloudu. Citlivá data jsou umístěna na soukromém Cloudu a jsou poskytována pouze spolupracovníkům podniku.

Méně citlivé informace je možno nalézt na veřejném Cloudu, z hlediska výloh je toto uložení finančně výhodnější. Tento přístup přináší firmám rozdělení informací, na jedné straně maximální ochranu dat u soukromého a na druhé straně značné úspory u veřejného Cloudu. Také tento přístup velmi rádi používají OEM a subdodavatelé.

Komunitní Cloud je používán při projektech, které přesahují hranice podniku tak, aby všichni zúčastnění měli možnost přístupu na celková data. Ani zde nejsou data veřejnosti přístupná (Fraunhofer IAO, 2017). V současné době tento Cloud není ještě velmi vyžadován, což se může změnit Průmyslem 4.0. Mohou vzniknout např. vztah mezi firmou a dodavatelem.

### **3.6 Virtual Reality a Augmented Reality**

Také technologie Virtual Reality (VR) a Augmented Reality (AR) budou nezbytné pro Průmysl 4.0.

Virtuální realita je zjednodušeně řečeno počítačem vygenerovaný 3D obraz, v mnoha případech ještě se zvukem (Schäfer, Meixner, 2017). Hlavní uplatnění má ve vývoji nových výrobků, které lze takto zobrazit, aniž by zatím reálně existovaly.

Oproti tomu představuje Augmented Reality pomocí počítačem rozšířenou skutečnost o další informace v reálném čase. Dá se říci, že jde vlastně o rozhraní mezi reálným a digitálním světem (Vogel, 2017). Augmented Reality má přitom velký potenciál právě v automobilovém průmyslu ve výrobě, kde pracovníci tímto způsobem mohou obdržet dodatečné informace a pokyny pro další pracovní postup.

VR a AR do budoucnosti najdou také využití jako nástroj k podpoře prodeje automobilů. Pomocí těchto technologií budou totiž například prodejci schopni prezentovat automobil dle individuálních představ zákazníků, aby je takto o vybraném automobilu přesvědčili. Teoreticky by mohla do budoucnosti nahradit VR i zkušební jízdy.

Dále aplikace AR ulehčuje již nyní technikům v automobilových dílnách jejich práci tak, že jim umožní například zobrazení komponentů, uložených na nedostupných, nelehce viditelných místech, ve skutečném měřítku a na jejich správném místě (Lewinski, 2017).

### **3.7 Digitální továrna**

Digitální továrna není nová technologie, v Německu se s ní zabývají výrobci automobilů a jejich dodavatelé již mnoho let. Digitální továrna je ale důležitá pro úspěšné zavádění nových technologií Průmyslu 4.0.

Digitální továrna je totiž komplexní simulace skutečné továrny, která zahrnuje digitální modely, metody a nástroje pro virtuální vizualizaci procesů a produktů. Jak výroba, tak produkty mohou být plánovány a simulovány na počítači dříve, než se implementují do reálného světa (Bracht, Geckler, Wenzel, 2018). Výhoda spočívá hlavně v tom, že podnik může tak již předem zkoumat vliv nových technologií na výrobu a na základě toho se rozhodnout, zda je zavede do továrny.

Digitální továrna přispívá také průběžným plánováním k optimalizaci a zlepšení efektivity, zkrácení plánovací doby a eliminaci plánovacích chyb (Virtual-Reality-Magazin, 2018). Má tudíž také velký význam pro plánování procesů mimo zavádění nových technologií.

### **3.8 Integrace vertikální a horizontální**

Čtvrtá průmyslová revoluce přináší stejně jako předchozí průmyslové revoluce nejen nové technologie, ale také změnu výrobních procesů (druhá průmyslová revoluce např. přinesla Taylorismus a Fordismus).

Největší změnu přitom v budoucnosti bude představovat úplné propojení strojů v rámci továrny, a dokonce všech členů hodnotového řetězce. Hovoří se o

integraci vertikální (vnitropodnikové) a integraci horizontální (v rámci hodnotových řetězců).

### **Integrace vertikální (vnitropodniková)**

Vertikální integrace se vztahuje na interní organizaci podniku, která zahrnuje propojení rozdílných hierarchických úrovní integrovanými IT-systémy, které tímto uvnitř umožňují celkovou síťovou komunikaci. Tím vzniká inteligentní továrna, tzv. Smart Factory, kde musejí být senzory, akční členy, vestavěné systémy, celé výrobní zařízení, plánovací a řídicí systémy propojeny.

Předností Smart Factory je, že například při krátkodobé změně poptávky náhlým narušením, je schopna reagovat a vyrobit různorodou individuální zakázku i případně z heterogenních výrobních zdrojů.

Výrobní moduly ve Smart Factory jsou „plug & produce“ schopny, to znamená, že zdroje a výrobky se propojí ad hoc. Materiál a díly jsou tedy kdykoliv lokalizovatelné, navigují se samostatně ve výrobním systému a ukládají všechny navigační a editační operace v časovém sledu. Tímto odpadnou administrativní evidence zásob, účetní operace a inventury.

S inteligentní sensorikou a průchozími toky dat – vertikálně propojených napříč všemi úrovněmi v automatizační pyramidě – podnik vlastně dohlíží sám na sebe, vypracovává virtuální zobrazení své výroby, identifikuje a prognózuje neplánované jevy.

Samočinná kontrola je integrovaná v obsáhlém bezpečnostním konceptu, do kterého člověk může kdykoliv zasáhnout. Poruchy a ad-hoc zakázky vedou přitom k automatickému přeplánování (Bauer a kol., 2013).

I probíhající řízení údržby se bude realizovat samočinně, neplánované jevy jako kolísání jakosti, poruchy strojů anebo změny specifikace výrobku budou automaticky identifikovány a také kontinuální kontrola stavu a opotřebení materiálu bude předpovězena. Díky této adaptaci celkového výrobního procesu se zabrání prostožům strojů.

### **Integrace horizontální (hodnotového řetězce)**

Integrace horizontální zahrnuje způsob, jak podnik stojí v kontaktu s jinými firmami. Zde se automatizovaný proces koná podél kompletního řetězce tvorby

hodnot, a dokonce během celého životního cyklu. Horizontální integrace popisuje vlastně ad-hoc propojení inteligentních strojů, provozních prostředků, výrobků/polotovarů, jakož i úložných systémů do výkonné sítě s přidanou hodnotou přes hranice podniku (Herzog a kol., 2015).

Díky propojení a řízení strojů podle situace se zlepší stupeň vytížení výrobních zařízení. Tato přizpůsobivost podniku umožňuje zároveň flexibilně reagovat na rozvoj trhu. Rychlé omezení anebo rozšiřování kapacit podle příležitosti pro získání zakázek je právě pro automobilový průmysl významný. Obzvláště v tomto průmyslu se poptávka rychlým tempem snižuje, ale i rychle zase zvyšuje.

Stav zásob bude v budoucnosti řízen poptávkou (Smart Sourcing). Produkce a zásobování výroby budou řízeny samostatně pomocí inteligentním automatizovaným zařízením (Knobel, 2017).

### **3.9 IT-bezpečnost**

Využívání v této práci popsaných technologií a implementaci horizontální a vertikální integrace má nepochybně velký potenciál pro zvýšení konkurenceschopnosti pro automobilový průmysl v Německu. Na druhou stranu by bylo fatální, kdyby se vůbec nezohlednila potenciální rizika v souvislosti mezi sebou propojených strojů a továren.

Tyto senzibilní systémy mohou být terčem průmyslové špionáže, sabotáže a organizovaným zločinem. Již v minulosti bylo například zaznamenáno využívání tzv. ransomwaru (výkupného softwaru) a trojských koní jako v roce 2017 v případě „wanna cry“, který cílil ve velkém stylu mimo jiné také na podnikovou sféru a veřejnou infrastrukturu, který zaklíčoval veškerá data, která se nacházela na počítači, aby si uživatelé vykoupili následně vlastní data pomocí převodu peněz v anonymní kryptoměně (Peitsmeyer, 2017). Útoky hackerů tedy představují velkou hrozbu, kterou by se nemělo podceňovat.

Klíčovou roli pro trvalý úspěch Průmyslu 4.0 hraje proto právě IT bezpečnost. Je nutno věnovat této otázce velkou pozornost. Nebude se jednat pouze o silné digitální propojení a interakce ve vlastním podniku, ale o propojení i přes jeho hranice závislé na normách a standardech. Bude postihovat vlastně všechny oblasti Průmyslu 4.0, tzn. zajištění bezpečnosti dat od vývoje produktu, výroby, Cloudu a mobilních řešení.

Díky tlaku standardizace v Průmyslu 4.0 jsou systémy tímto lehčeji napadnutelné, neboť systém informací je dosažitelný pak po celém světě a tím také známa jejich slabá místa.

V současnosti jsou stále v této oblasti podniky skeptické. Jedná se u nich o to, že nemají v IT bezpečnost plnou důvěru, mají obavy z předávání svých citlivých dat vývoje produktu nebo vlastní výroby do Cloudu, aby se nedostala do nežádoucích rukou třetího a tím byla zmanipulována anebo zneužita.

Uživatelé musejí získat důvěru v bezpečnost IT systémů a jejich konceptů, proto tento neustálý pokrok vyžaduje nepřetržité vylepšování IT bezpečnosti. Toto je sice pochopitelně spojeno s velkými finančními náklady. Výhody Průmyslu 4.0 tyto náklady ale lehce vynahradí.

Pravdou je však také, že ani nejdokonalejší bezpečnostní systém nemůže zaručit stoprocentní jistotu. Jednou otázkou budoucnosti tedy bude, jak podniky budou nakládat s tímto zbývajícím rizikem. Už teď se ale rýsuje, že právě kybernetické hrozby budou představovat obrovské obchodní pole pro pojišťovací společnosti.



## **4 Realizace Průmyslu 4.0 na příkladech značek Volkswagen a BMW**

V této části práce se budu zabývat s představením společností VW a BMW a jejich konkrétními příklady pro využití technologií Průmyslu 4.0 na základě veřejně dostupných informací.

### **4.1 Představení společnosti VW AG**

Volkswagen AG se sídlem ve Wolfsburg je největší výrobce automobilů v Evropě a soutěží již mnoho let s americkou automobilkou General Motors a japonskou automobilkou Toyota o prvenství na světě. Mezi značky koncernu patří Seat, Škoda Auto, Audi, Bentley, Bugatti, Ducati (motorky), Lamborghini a Porsche, stejně jako MAN a Scania (obě značky: nákladní vozy). Koncern je zastoupen továrnami v 31 zemích na světě.

V Německu vyrábí koncern automobily značky Volkswagen na celkem deseti místech. Největší závod se přitom nachází v místě sídla, ve Wolfsburg. Tam pracuje ca. 50 000 zaměstnanců. Po Wolfsburg následují Kassel-Baunatal (ca. 13 300), Hannover (ca. 12 000), Emden (ca. 7 500), Zwickau (ca. 6 600), Salzgitter (ca. 6 000), Braunschweig (ca. 5 500), Osnabrück (ca. 1 200), Chemnitz (ca. 1 100) a Dresden (ca. 380) (Ndr, 2011).

### **Roboty**

Již na počátku 80tých let minulého století závod VW ve Wolfsburg využíval stále více různých typů robotů, a to ve stavbě karoserií modelu Golf. V roce 2015 zde již tvořil stupeň automatizace okolo 91 % a to proto, že roboty významně nahradily lidské pracovní síly. Počet robotů se zvýšil z 68 (rok: 1974) na 2 265 kusů (rok: 2015) a zároveň počet pracovníků se snížil o 50 % na 2 400 oproti roku 1974 (4 800) (Volkswagen AG, 2015).

Pro Volkswagen je v současné době důležitá spolupráce HRC (Human-Robot-Collaboration). VW používá proto nejen senzitivní roboty, kde je HRC nyní samozřejmostí, ale vedle toho i testuje také, jak by mohla fungovat spolupráce mezi průmyslovými roboty a lidmi.

První kolaborativní robot UR5, od dánské společnosti Universal Robots, byl v roce 2013 použit v závodě Volkswagen v Salzgitter, v montáži hlav válců, kde

podporuje zaměstnance při manipulaci se zapalovacími svíčkami (Schreier, 2013) a (Röhr, 2014).



Zdroj: maschinenmarkt.vogel.de

***Obr. 7 Nasazení UR5 ve VW závodě Salzgitter***

VW začlenilo UR5 – nové průmyslové robotické rameno – do sériové výroby montáže hlav válců, viz shora uvedený obr. 7. UR5 má za úkol zasunutí zapalovací svíčky do obtížně dosažitelné hlavy válců, zatímco zaměstnanci dělají to, v čem jsou dobří oni – tedy zajistí upevnění zapalovacích svíček a izolaci hlavy válce.

Při tom mohou zaměstnanci a roboty pracovat ve stejném prostředí – to znamená bez použití ochranných plotů (Menn, 2014). Tento robot je ve srovnání s jinými inteligentními roboty s 22 000 euro pro automobilového výrobce cenově výhodný.

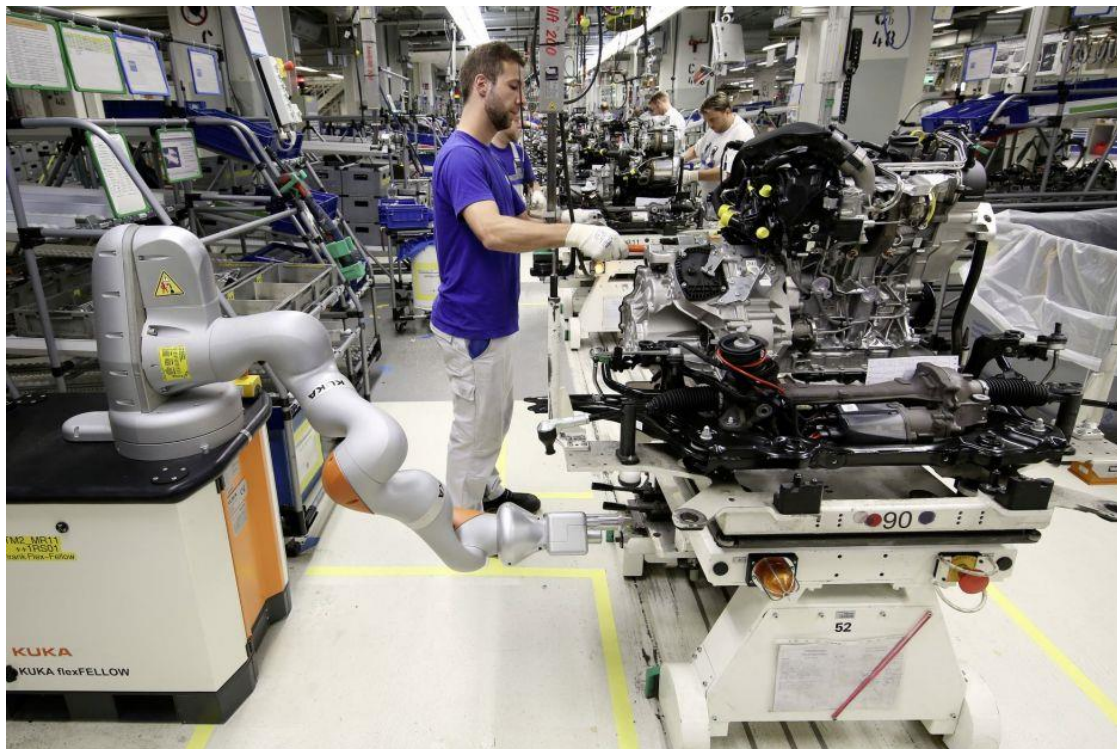
V roce 2015 byl představen na průmyslové výstavě v Hannover robot lehké konstrukce (LBR iiwa robot) od firmy Kuka (viz kapitola 3.1). V návaznosti na to se uskutečnil první pilotní projekt pro jeho využití ve VW v závodě užitkových vozidel v Hannover. Příkladem uplatnění tohoto nového sedmiramenného robota probíhalo v oddělení montáže modelové řady T při vnitřním obložení. Zaměstnanec dovezl robota na ručním vozíku do nákladového prostoru

automobilu. Zde pak robot provedl ergonomicky náročnou práci, která probíhala v těsném prostředí tím, že připojoval příslušné části ("klipy") na karoserii (Wolf, 2015).

Tento robot byl údajně v závodě VW v Hannover v roce 2016 začleněn do provozu při sériové výrobě.

Dále v polovině roku 2015 začal i závod VW ve Wolfsburg testovat tento prototyp LBR iiwa, který je místně flexibilní a může se postavit přesně tam, kde má být právě aktivní (Pilgrim, 2016) a (Robotik-Produktion, 2017).

Po úspěšném pilotním projektu jsou, od poloviny května roku 2016 v závodu VW ve Wolfsburg, montéři podporováni při sériové výrobě modelu Golf již dvěma jednotkami mobilních výrobních asistentů, které jsou založené na bázi kolaborativního robotu LBR iiwa (Kuka, 2016).



Zdroj: machiningnews.com

#### ***Obr. 8 Nasazení HRC poprvé v závodě VW ve Wolfsburg***

V době, kdy pracovník šroubuje na startéru, Kuka-flexFELLOW pracuje v jeho blízkosti paralelně na stejné pohonné jednotce, viz obr. 8 tím, že zašroubovává

na špatně dosažitelném místě kyvnou podporu. Roboty jsou vybaveny senzory, které reagují na člověka. Robot se dokonce okamžitě zastaví, pokud by mělo dojít k jejich střetu. Není proto nutný dodatečný ochranný systém.

I tady, spolupráce robota s člověkem (HRC) znamená velký plus pro ergonomii pracovního místa, na kterém zaměstnanec dříve tuto činnost musel vykonávat v pozici na kolenou, nyní ji přebírá Kuka-flexFELLOW.

Jinak je to u průmyslových robotů, které jsou nemobilní těžké a silné.



Zdroj: autogramm.volkswagen.de

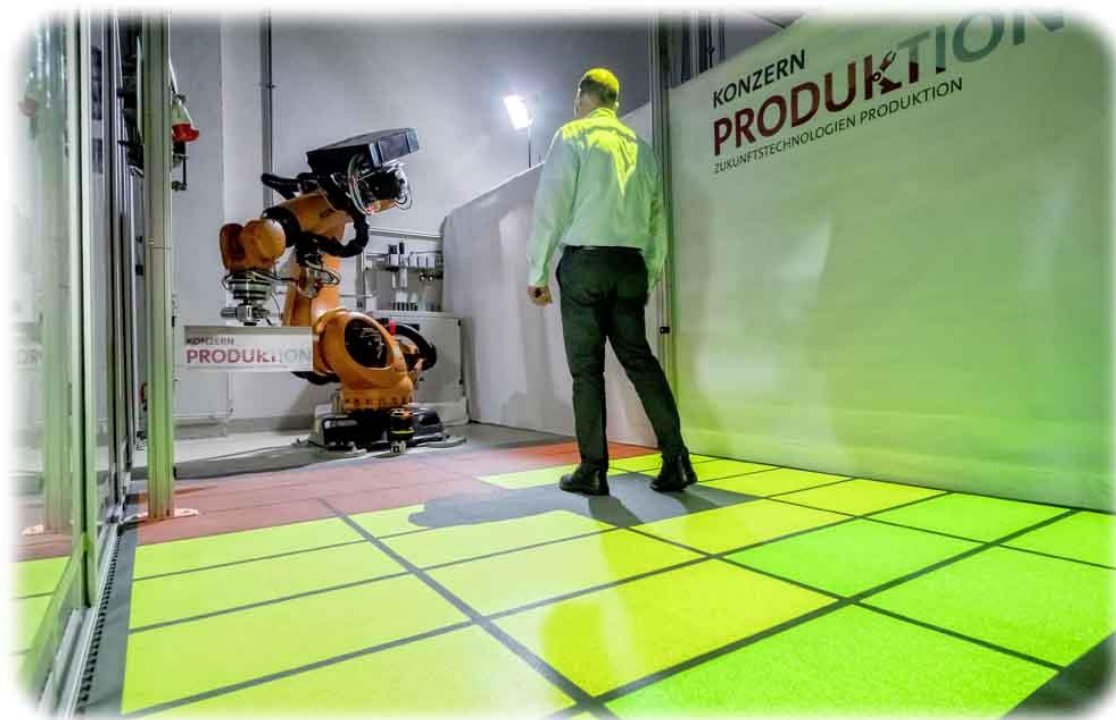
***Obr. 9 Průmyslový robot pracující za ochranným plotem***

Pokud by se člověk ocitl v akčním okruhu aktivního robota, mohl by se těžce zranit. V německém VW závodě Kassel-Baunatal dokonce došlo k smrtelné nehodě s robotem (Kühling, 2017). Proto musejí pracovat průmyslové roboty odděleně od lidí, za ochrannými ploty.

Toto chce firma VW změnit. Dynamické prostorové ochrany jsou dalším krokem na cestě k bezpečné spolupráci mezi lidmi a roboty.

V únoru 2018 Volkswagen proto ve VW laboratoři začal testovat prototyp průmyslového robota HRC. Chtěl u něho dosáhnout spolupráce bez dělicí zóny stejně jako u senzitivních robotů. VW při tomto experimentu využíval laserového

skeneru a barevných polí k tomu, aby se mohlo zabránit nebezpečnému střetu robota s člověkem. Přitom laser určil pozici člověka a robota ve stejném prostoru.



Zdroj: oiger.de

**Obr. 10 Testování prototypu průmyslového robota – bez ochranného plotu**

Barevná pole na podlaze od zelené barvy přes žlutou až k červené, jak je vidět na obr. 10 signalizovaly člověku, až kam může vstoupit, aniž by se přiblížil do těsné blízkosti robota (do červeného pole, které značilo nebezpečí). Ze strany robota – jakmile se zelené pole začalo měnit na žluté – toto avizovalo robotu přiblížení člověka a ten svůj pohyb zpomaloval. Pokud by člověk vkročil ještě dále, a to do červeného pole, robot by okamžitě zcela zastavil (Weinzierl, 2018).

## **Big Data**

Big Data technologie bude hrát i pro Volkswagen do budoucna velkou roli, a to nejen při poskytování digitálních servisů jako například smart parkingu, ale taky při optimalizaci výrobních procesů. Z veřejně dostupných zdrojů však lze zjistit jen málo informací ohledně konkrétních využití této technologie.

V roce 2017 ale Volkswagen veřejně sdělil, že bude spolupracovat s americkým chipovým výrobcem Nvidia na vylepšování Deep Learning metody, tedy zvláštní

formy machine learningu, která umožňuje na základě analýzy velkého množství dat, velice efektivní a spolehlivé poznávání pravidelností. Tímto způsobem lze uskutečňovat predikce pro nejrůznější účely. Jedno důležité scénáριο je přitom tzv. predictive machine maintenance (VW AG, 2017).

Predictive machine maintenance totiž umožňuje poznání potřeby údržby a oprav, než vůbec dojde k závažným poruchám. Proto vůbec není překvapující, že Volkswagen údajně testuje mimo jiné také řešení na predictive machine maintenance od českého startupu Neuron soundware, které je právě schopno včas předem nahlásit potřebu oprav na základě vyhodnocení zvuků přístrojů (Neuron Soundware, 2018).

### **3D tisk**

3D tisk stojí u Volkswagenu zatím na začátku. V celém koncernu se momentálně využívá 90 3D tiskáren v 26 závodech po celém světě (VW AG, 2018). V závodě v sídle společnosti VW ve Wolfsburgu je v provozu devět takovýchto 3D tiskáren.

Technologie 3D tisk používala značka VW pouze pro zhotovování prototypů, kovových montážních pomůcek, jako je například odblokování krytu motoru a na výrobu nářadí (ampenet, 2015).

Teprve od roku 2017 společnost VW rozšířila svou nabídku 3D tisku i na výrobu náhradních dílů a to nejen pro současné modely Golf GTI a Golf GTE, ale i náhradní díly pro starší typy vozidel (viz kapitola 3.3). V budoucnosti má Volkswagen v úmyslu stále častěji využívat této metody.

### **CPS**

Inteligentní stroje u VW souvisejí vždy i se systémem pro Monitoring Condition od Siemensu. Slouží k monitorování a tím optimalizaci pracovních výsledků strojů a zařízení. Od roku 2014 VW ve Wolfsburgu využívá tohoto zařízení, za účelem sledování stavu stroje, předvídání poruch, a tím k včasnému předcházení chybám, než k nim dojde.

Jeho jedinečnou vlastností je, že má možnost integrovat data procesů, což umožňuje firmě výrazně rozšířit spektrum své analýzy veškerých zařízení.

Monitorování se používá například v lisovně. Senzory zde registrují různé analogové a digitální signály, které lze interpretovat, a tím poskytovat informace o stavu strojů. Centrální server shromažďuje a analyzuje tato data a automaticky vytváří první hrubou analýzu, kterou odborníci u VW rozeberou a zhodnotí. Na základě toho provozovatel obdrží konkrétní doporučení pro nezbytné údržbářské práce. Z komplexních dat snadno vyplývají srozumitelné zprávy a doporučení.

Investice do personálu a technologie se podle VW již vyplatily po prvních plánovaných opravách. Bez monitorování by v závodech totiž mohlo dojít k neplánovaným prostojům (Hacke, 2014).

### **Přepravní systémy**

Již od roku 1980 jsou různé přepravní systémy bez řidiče (FTS - Fahrerlose Transportsysteme) součástí výroby a logistiky ve VW (VW AG, 2012).

FTS jsou automaticky řízené bezpilotní vozíky, které se pohybují po magnetických kolejích uvnitř závodu. Jsou určeny především k přepravě materiálu (Ullrich, 2014).

V roce 2012 používal VW koncern okolo 800 FTS ve 20 závodech v Evropě. Bylo zde registrováno 60 různých typů FTS a k tomu příslušné autonomní vozíky. Toto chce VW změnit a FTS sjednotit.

V polovici roku 2017 závod VW v Emden, který je již v karosárně z 90 % automatizován, testoval v rámci pilotního projektu novou technologii FTS. Do nové karosárny byly nasazeny na tříměsíční zkoušku tři bezpilotní vozíky (FTS), které jsou příbuzné s původními autonomními vozíky. Na rozdíl od nich se měly ale pohybovat samostatně pomocí laserové techniky, a ne po určených magnetických drahách, po kterých se doposud bezpilotní vozíky uvnitř závodu pohybovaly.

Tímto vznikla zvýšená flexibilita. Jsou schopny se dokonce samostatně vyhnout překážce a případně ji objet. V budoucnu mají převážet díly ze skladu k montážním linkám a výrobním robotům a tím také ušetřit personál (WAZ, 2017).

Tato technologie byla v Emden testována, aby v budoucnu byla zavedena v celém koncernu VW.

## Virtuální realita

Virtuální realita má různé možnosti k využívání. V budoucnu se budou moci například scházet odborníci z výroby z různých závodů a značek ve virtuálním koncernovém světě (VW AG, 2017). Tam se budou schopni zúčastnit virtuálního tréninku, probírat problémy a vypracovávat společná řešení. Volkswagen proto zahájil Virtual-Reality-Platfformu, tzv. "Volkswagen Digital Reality Hub", k podpoře spolupráce mezi různými značkami a mezi více závody.

Cílem této platformy je sloučit všechny stávající aplikace VR, účastníky a nástroje výroby a logistiku celé společnosti. Platforma byla poprvé představena veřejnosti 5. a 6. července 2017 na veletrhu VR a AR Digility v Köln am Rhein (AR/VR Conference & EXPO 2017) (VW AG, 2017).



Zdroj: vrscout.com

### ***Obr. 11 VR aplikace pro výrobu a logistiku***

Platforma je provozována pomocí brýlí HTC VIVE. Na shora uvedeném obrázku 11 je zobrazen člen z týmu Digital Realities, který používá právě tyto VR-brýle. Umožňuje se mu takto např. pohybovat v závodě Škoda v logistickém centru v Mladé Boleslavi. Zde může virtuálně předmět, který ho zajímá, uchopit a blíže si



ho prohlédnout, dále se může setkat s kolegou v Mladé Boleslavi, který je jej schopen provádět závodem (VW AG, 2017).

Výhodou je pro zaměstnance skupiny VW, že mohou takto poznat výrobní závody i ve vzdálených místech, vyměňovat si zkušenosti a těžit ze vzájemné spolupráce bez časově a finančně náročného cestování.

### **Asistenční systémy**

Digitalizace VW přináší mnoho asistenčních systémů, které ulehčují zaměstnancům práci. Od léta roku 2015 se využívá v logistice VW závodu ve Wolfsburg mimo jiné deset Google Glass (t3n Magazin, 2017) jako asistenční systém. Mají podporovat, vylepšit, urychlit a zefektivnit pracovní postupy (Eckl-Dorner, 2015).



Zdroj: mobile – zeitgeist.com

#### ***Obr. 12 Používání Google Glass ve VW***

Malé kamery v Google Glass jsou schopny automaticky rozpoznat QR kódy na přepravce se součástkami. Všechny nutné informace se zaměstnancům zobrazují, v jejich zorném poli, například odpovídající skladové číslo anebo číslo dílu.

Dále dostanou akustické a optické signály, které se zobrazí také ve sklu Smart Glasses a dávají tím pracovníkovi znamení, zda součástka vyhovuje odpovídajícímu balicímu listu. A i v případě, že vyjmul díl ze špatné přepravy, se toto také pracovníkovi zobrazí.

Pokud by se využití chytrých brýlí mělo osvědčit, plánuje VW jejich zavedení i do dalších oblastí závodu.

Začátkem roku 2016 proběhl ve Wolfsburg čtyřtýdenní pilotní projekt s dalšími pomůckami v logistických centrech. Jednalo se o chytré hodinky, tablet a náramek RFID (Motorzeitung, 2016).

Každé chytré hodinky obsahovaly kameru, která dokázala skenovat čárové kódy. Data pak byla přenášena pomocí Wifi na server a odtud na display chytrých hodinek. Zde byly zobrazeny všechny potřebné informace, jako např. číslo součástky atd.. Ve srovnání s předchozím pracovním postupem s hand data terminálem získávali zaměstnanci volnost pro své ruce.

Pilotní projekt se uskutečnil v tzv. "dynamickém skladu", v němž materiálové a velkokapacitní nosiče nemají žádné pevné parkovací místo, ale jsou skladovány podle first in, first out principu (FIFO).

S principem FIFO by měly být nejstarší, neboli nejprve skladované zásoby, nejdříve spotřebovány. Podle společnosti Volkswagen mohou smartwatch zaznamenávat a zpracovávat data rychleji než čtečka čárových kódů, a proto jsou vhodnější pro dynamické skladování zboží.

Další pilotní projekt byl proveden pomocí RFID náramků. RFID je založen na bezdotykové výměně informací. RFID tagy lze použít k vyhledávání a registraci materiálů. Od roku 2009 Volkswagen úspěšně využívá tento vysílač - přijímač - systém (Sender-Empfänger-System), a to v logistice materiálů. Nyní přenáší tento princip na vychystávání materiálu.

RFID náramky, které používá společnost VW, mohou dokonce rozlišovat mezi správným a špatným dílem. Pokud se jedná při výběru o správný díl – tzn., že oskenovaný čárový kód souhlasí, pak zazní jeden signálový tón. V případě nesprávného odběru se ozve dvojitý tón.

Výhodou tohoto RFID systému je vysoká flexibilita, rychlý a bezpečný proces. Pro zaměstnance je ovládání jednoduché a mnohem více ergonomické, protože i zde nemusí držet v ruce datový skener.

Také využití tabletů se ve VW Wolfsburg osvědčilo: 30 Picking Carts a 60 vysokozdvížných vozíků jsou nyní vybaveny mobilními tablety. Výhodou tabletů je, že nepotřebují dlouhé instrukce a mohou se proto intuitivně ovládat. Další předností je přímé připojení k elektrické síti vysokozdvížného vozíku, které umožňuje dlouhou životnost baterie tabletu.

Slouží nejen pro evidování komponentů a objednávek, ale i k lepší orientaci v hale.

Vzhledem k tomu, že VW vidí v tomto asistenčním systému velké přednosti, připravuje proto další pilotní projekty pro používání tabletů v logistice v Braunschweig, v Kassel a v Emden (Nölte, 2016).

Dalším pomocníkem, který podporuje pracovníky ve VW ve Wolfsburg od poloviny roku 2017 je Pick-by-Light – bezdrátový bezpečnostní a acknowledgement system (Quittierungssystem). Jde o systém, kde u montážní linky jsou umístěny přepravky s malými díly, vybaveny s LED osvětlením, které ukazuje pracovníkům, který další díl mají vyjmout. Do které přepravky zaměstnanec sahá, zároveň sleduje 3D kamera.

Systém přezkoumá, zda se jedná o správnou součástku, pokud ne, zazní varovný signál a vizuální proces se krátkodobě zastaví. Tento systém se především vyplatí tam, kde se na jedné montážní lince vyrábí více modelů, a tím může dojít častěji k záměně příslušných dílů. Zde Pick-by-Light šetří nejen čas, ale i peníze. Od té doby, co je v provozu se na těchto pracovištích zvýšila produktivita o více než 40 %.

Jednotlivé moduly Pick-by-Light spolupracují nyní bezdrátově přes Bluetooth a je jich možno flexibilně použít. Už dnes podporují spolupracovníky při vyhledávání součástek při výrobě automobilu Golf (Scholz, 2018).

### **Digitální továrna**

Digitální továrna je pro většinu německých automobilek a subdodavatelů, včetně Volkswagenu, co se týče plánování procesu továren a jejich infrastruktury a

zařízení již realitou. Více než deset let využívá VW pro tento účel totiž softwarové řešení Tecnomatix společnosti Siemens. Především témata – plánování a validace montáže, tak jako plánování a optimalizace závodu a celkové téma lisovny, jsou oblastmi použití řešení Siemense.

Volkswagen využívá tuto technologii také při zavádění změn výrobních postupů a implementaci nových technologií. Do budoucna plánuje Volkswagen, všechny systémy pro digitální továrnu v koncernu sjednotit, aby mohl vygenerovat a vyhodnotit co největší základ dat za účelem budování chytrých továren budoucnosti.

### **RFID technologie a prototypy**

VW se už mnoho let zabývá možnostmi RFID technologie. Tato technologie hraje také v rámci Průmyslu 4.0 důležitou roli.

V roce 2011 spustil VW například projekt „Skleněný prototyp“ („Gläserne Prototyp“). Jedná se přitom o zatím největší RFID projekt v automobilovém průmyslu přesahující hranice podniku (VW AG, 2017).

Společnosti Audi a Porsche se na tomto projektu také podílely. Platí jako podařený příklad pro digitálně propojenou spolupráci přes hranice závodu (Spinnarke, 2018). Tento projekt představuje pro Volkswagen efektivní optimalizaci procesu při stavbě prototypů.

Dosud byly zaznamenávány součástky pro tyto vozidla ručně, což bylo časově náročné. Dalším problémem bylo, že v případě nesprávného použití dílu, což se někdy zjistilo až při následujícím nebo dokonce ještě pozdějším kroku, docházelo k další časové ztrátě.

A proto nyní VW používá RFID technologie při jejich vývoji. Testované komponenty jsou vybaveny RFID tagy, a i po vestavění těchto dílů do testovacích vozů, se nechají přesně sledovat a dokumentovat. Zároveň lze zjistit i výkonnost daných součástek.

K tomu také v posledních letech přispěl VDA tým, že posílil rozvoj jednotného standardu pro RFID – komunikaci. V současné době jsou již jasná doporučení. Tyto standardy jsou předpokladem, aby mohli automobiloví výrobci a dodavatelé vystavět dohledatelný dodavatelský řetězec.

Po úspěšném projektu „Skleněný prototyp“ VW prověřuje, jak nejlépe tuto technologii zavést v celém podniku do sériové výroby (VW AG, 2017).

### **IT-Security**

V posledních letech se počet kybernetických útoků dramaticky zvýšil. VW se proto musí zabývat také otázkou IT bezpečnosti. Volkswagen z tohoto důvodu založilo s německými firmami BASF, Bayer a Allianz společnou organizaci DSCO GmbH, která zaměstnává ca. 60 odborníků z oblasti IT security. DSCO GmbH se zabývá otázkami IT bezpečnosti pro shora uvedené firmy (Lewalter, 2017).

### **4.2 Představení společnosti BMW AG**

BMW AG, mateřská společnost BMW Group, je celosvětově působící německý výrobce automobilů a motocyklů se sídlem v Múchnen. BMW Group patří se svými značkami BMW, Mini a Rolls-Royce k předním světovým výrobcům prémiových automobilů s 30 místy výrobní sítě ve 14 zemích celého světa a distribuční sítě ve více než 140 zemích (BMW Group, 2018).

Koncem roku 2017 je BMW AG přibližně s 88 000 zaměstnanci jeden z největších zaměstnavatelů v Německu. V roce 2017 činil obrat u BMW AG 79,215 mil. euro při roční produkci 2 505 741 vozidel (toto číslo zahrnuje také vozidla vyrobená spolu s Joint Venture partnerem Brilliance Automotive Ltd. Shenyang v Číně (BMW AG, 2018).

### **Roboty**

Roboty jsou již mnoho let součástí továren BMW. Jednu z nejnovějších inovací v této oblasti představují roboty lehké konstrukce, pracující bez ochranných plotů ruku v ruce s lidskými kolegy, a přesto přebírající namáhavou a neergonomickou činnost. Takové roboty vyrábí, jak bylo již řečeno, například dánská firma „Universal Robots“. Než byly zavedeny do závodů výroby v Německu, byly zkoušeny v roce 2013 automobilovým koncernem BMW v Spartanburg v USA. Celkem to byly 4 UR roboty, které zde u modelu X3 přilepovaly pod stejnoměrně vysokým a precizním tlakem zvukovou izolaci na vnitřní straně dveří.

Tento první spolupracující robot – důvěrně nazývaný od spolupracovníků v Spartanburg „Miss Charlotte“ pracuje na páse s člověkem poprvé bez jakéhokoliv dělicího oplocení. Vzhledem k tomu, že se „Miss Charlotte“ v USA osvědčila (Perry, 2017), vykonává nyní také svou práci v německých závodech. V závodě v Leipzig je například používán při montáži předního skla u modelu plně elektrického vozidla BMW i3.



Zdroj: automobil-produktion.de

**Obr. 13 Roboty lehké konstrukce nanášejí lepidlo na přední okna BMW i3**

Tato práce je velmi náročná, roboty musejí nanášet souvisle tuhé lepidlo na obvod velké plochy předního skla v příkázané tloušťce bez jakéhokoliv přerušení. Poté dva pracovníci, jak je zde vidět na obrázku 13, vezmou toto lepidlem opatřené sklo, a nasazují ho do i3 (Nördinger, 2017), tzn. že zde ergonomicky namáhavou práci přebírá robot. Zároveň je takto zajištěna konstantní vysoká kvalita výsledku práce tím, že robot opakovaně dodržuje stejné nanesení hustoty lepidla.

Také v dalším závodě, a to v Dingolfing je používán tento robot lehké konstrukce ve spolupráci s člověkem, a to v montáži při zabudovávání postranních trojúhelníkových oken u modelů BMW třídy 3 Gran Turismo, BMW třídy 4 Gran Coupé a BMW třídy 5 Touring (Nördinger, 2017).

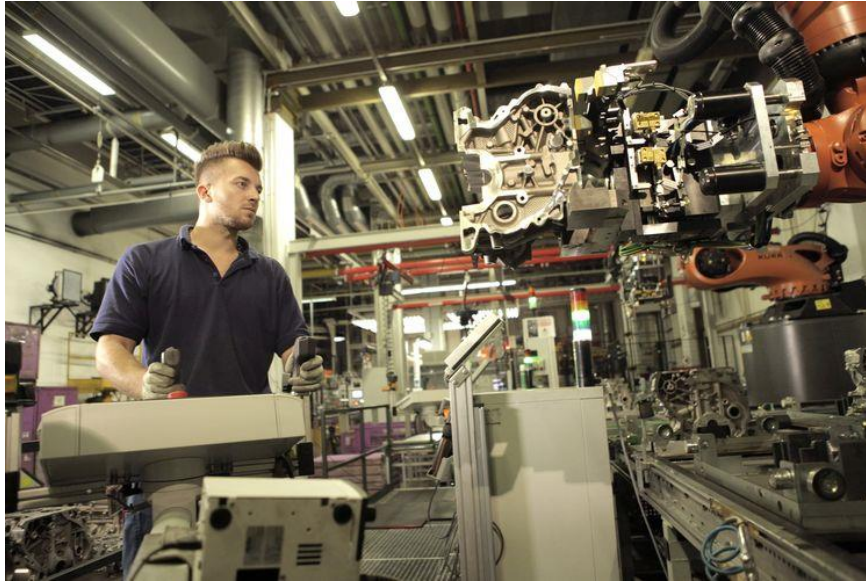
Spolupracujícího robota, který přebírá ergonomicky namáhavou práci lze nalézt i v závodě Landshut, v světově nejmodernější slévárně lehkého kovu, a to při kontrole kvality skříní klikové hřídele, které jsou zde vyráběny pro všechny druhy motorů automobilů BMW.

V minulosti probíhala tato kontrola kvality u všech druhů motorů prostřednictvím speciálního zařízení tzv. Rhönradu, kdy pracovníci museli sami ručně se skříní včetně Rhönradu otáčet tak, aby mohli zkontrolovat díl ze všech stran (Herkömmmer, 2017). Otáčení Rhönradu vyžadovalo mnoho síly, a především velkým pracovníkům tato kontrola způsobovala zdravotní potíže, protože se museli při této činnosti shýbat.

Společnost BMW proto pověřila německou společnost MRK Systeme GmbH, která se specializuje na spolupráci člověka s robotem, aby vyhotovila zařízení, které by podpořilo člověka při této kontrole.

Společnost MRK vyvinula zařízení podle požadavků BMW. Zařízení však zatím není plně automatizované při samotné kontrolní činnosti, protože robot ještě není tak dokonalý, aby byl schopen zcela nahradit zkušenosti člověka (Kroehling, 2017).

Od roku 2015 byly dány tedy do provozu v závodě Landshut dvě identická poloautomatická zařízení, a to Kuka robot typ KR 210 R2900 Prime K z KR-Quantec-Serie, přičemž „K“ označuje konzolové provedení, s nosností do 210 kg. Pracovník řídí joystickem, jak je vidět na obr. 14 jeho pohyb tak, aby byla nalezena co nejlepší pozice pro kontrolu příslušné skříně klikové hřídele.



Zdroj: ifr.org

**Obr. 14 Robot ovládaný pomocí joysticku v závodě Landshut**

Robot drží cca třicetkilový díl bezpečně v optimální výši tam, kde jej pracovník může přezkoušet pomocí lampy se studeným světlem na případné chyby, a to v pohodlné pozici. Jakmile je pracovník s kontrolou hotov, opět pomocí robotu ovládaného joystickem, vrátí díl zpět na dopravní pás. Zkušební proces je ukončen stiskem tlačítka. Pracovník tím zaznamená výsledek kontroly, zda je výrobek v pořádku nebo ne (Fritsch, 2017).

Dále se v tomto závodě používá Kuka robot k čištění znovupoužitelných forem prostřednictvím suchého ledu. Jedná se o robot KR 210 R 3100 F ultra, který je vybaven bezpečnostním rozhraním a odpovídajícím programem (Safe Operation) pro interakci člověka se strojem. Tedy těžkou práci ve slévárně opět v závodě Landshut převzal robot a tímto došlo nejen k zvýšení jakosti, ale hlavně přispívá k vyššímu výkonu ve výrobě. Nyní trvá ve slévárně v závodě Landshut čištění forem pouze půl hodiny oproti původním 180ti minutám (Industrie Anzeiger, 2015) a (Kuka, 2016).

Od června roku 2016 v závodě Dingolfing pracuje jeden z lehkých robotů Kuka LBR iiwa při montáži stálého převodu nápravy, je zavěšen na držáku, ve tvaru šibenice na stropě, zdvihá až 5,5 kg těžký kuželový převod a vsazuje jej bezpečně a přesně do ozubeného kola. Senzory dohlížejí na bezpečnost funkce



robotu, a pokud narazí na překážku, okamžitě se zastaví (Schmidt, Sonnenberg, 2017).

Dále se tohoto Kuka robotu LBR iiwa využívá od července 2016 při výrobě karoserií v závodě BMW München. Pro tuto aplikaci BMW společně s firmou Kuka Systems vyvinuly HRC činné chapadlo s integrovanými vakuovými kanály (Schmidt, Kroehling, 2017).

Pro robota je zde pouze těsné místo, a proto se v tomto případě může použít výhradně tento senzitivní robot LBR Kuka iiwa, díky jeho sedmiosovému extrémně pohyblivému rameni, který se lehce s tímto úzkým prostorem vypořádá, vlastně zabírá jen ¼ plochy ve srovnání s konstrukcí bez HRC (Automationspraxis, 2018).

Člověk, iiwa robot a průmyslový robot pracují společně na podélných nosnících pro autokaroserie.



Zdroj: robotik-produktion.de

**Obr. 15 HRC v karosárně v závodě München**

Pracovník připraví pro iiwa robot zesilovací desky a potom podélný nosník vloží do přípravného zařízení. Senzitivní robot vezme jednu zesilovací desku a položí ji na podélný nosník. Pak odstoupí a čeká až průmyslový robot typ KR240 svaří tyto dva díly. Průmyslový robot je při práci nadále od člověka oddělen bezpečnostní roletou. Po tomto svařovacím procesu se roleta opět zdvihne, robot iiwa opustí automaticky svoji pozici a úkon se opakuje (Schmidt, Kroehling,

2017). Při tomto procesu se vlastně jedná o spolupráci člověka s iiwa robotem, který přebírá nyní namáhavou činnost, kterou musel pracovník doposud celou vykonávat sám.

Koncem roku 2016 v závodě v Wackersdorf byly po úspěšném pilotním projektu, který se také zde uskutečnil, zavedeno do provozu 10 kusů Smart Transport Robot, tzv. STR. Tyto roboty jsou používány v halách skladu a montáže.



Zdroj: automobil-produktion.de

**Obr. 16 STR přepravují komponenty v halách v závodě Wackersdorf**

Na obrázku 16 je zobrazen tento STR, jeho délka je 1,30 m, může transportovat autodíly s váhou do 500 kg (Willfurth, 2017). Pohybuje se samostatně, je vybaven digitální kartou a komunikuje s radiovými vysílači. Měřením vzdálenosti ke 3 radiovým vysílačům vypočítává STR přesnou pozici a jízdní dráhu. Pomocí senzorů rozpoznává a reaguje na kritické situace. Proto může používat bezpečně společnou dráhu s lidmi a ostatními vozíky. V případě, že by přesto ke kritické situaci mělo dojít, ihned zastaví. Pokračuje v cestě, až má opět volnou trasu.

Výhodou těchto STR je, že nepotřebují již k navigaci žádné instalované indukční smyčky. V budoucnu mají tyto STR být vylepšeny s 3D kamerami, které budou zajišťovat ještě přesnější navigaci (Schillmoeller, 2016).

Na návrh zaměstnanců v závodě Regensburg v montáži převodovek v roce 2017 dokonce začal spolupracovat i průmyslový robot s člověkem bez ochranného plotu. Jedná se přitom o první takovou spolupráci na celém světě.



Zdroj: BMW Werk Regensburg

**Obr. 17 Spolupráce průmyslového robota s člověkem**

Jedná se o průmyslový robot, který zaměstnanec vede, jak je vidět na obr. 17, k šroubovací stanici. Laser sice podporuje pracovníka, aby našel správnou polohu robotu. Přesnou pozici však musí určit nadále podle svých zkušeností zaměstnanec (Schillmoeller, 2017). V závodě Regensburg by měl být zaveden ještě druhý takovýto robot do výrobního procesu (Sperb, 2017).

## **Big Data**

Zvláště při výrobě automobilů podél celého hodnotového řetězce tzn. od lisovny přes karosárnu, lakovnu až do montáže vzniká množství dat. Klíčovým bodem je získaná data z produkce inteligentně analyzovat. Tyto analýzy mají za cíl účinně přispět ke zlepšení kvality ve všech výrobních oblastech a logistice společnosti BMW.

Společnost BMW spolupracuje v oblasti Big Data se společností IBM, která ji podporuje při datových analýzách za účelem predikcí (Cloer, 2014). V analýze jsou zpracovávána data nejen z výroby, ale i z mnoha dalších pramenů například z testovacích jízd a celosvětově získaných informací o problémech a opravách.

Výsledná data pak mají podpořit BMW specialisty ve vývoji, výrobě a při instrukcích při opravách v reálném čase. Data získaná z výroby od jednotlivých

strojů a zařízení jsou použita také k tomu, aby bylo možno včas identifikovat případné výpadky ve výrobě a jim předcházet (predictive maintenance). Dosud toto zhodnocení dat trvalo ve společnosti BMW několik měsíců, v budoucnu by se tato doba měla zredukovat na několik dní (Ebner, 2014).

Například se využívá v závodě Regensburg Smart Data Analytics při výrobě karoserií. To počíná lisovnou, kde z několikametrové role ocelového plechu jsou nastříhány tabule plechu a každá z nich je připravena na tvarování určitého dílu karoserie. Tyto tabule jsou laserem oskenovány a každé z nich je přiřazen vícemístný kód, ze kterého lze zjistit nejen všechny odchylky, ale může zároveň obsahovat i řídicí příkaz k preciznímu nastavení lisu, aby ten tyto odchylky vyrovnal. Výsledným efektem tohoto konání dle vyjádření BMW je význačný pokles počtu zmetků a zároveň je více využito materiálu.

Další významnou roli hraje Smart Data Analytics také zde v karosárně při prognóze včasné údržby strojů a zařízení (Lohmann, 2017).

Tato tzv. prediktivní údržba je teprve možná díky této inteligentní analýze reálných dat týkajících se produktu, procesních dat a dat senzorů. Na základě výsledků této analýzy, a pak podle prognózy lze plánovitě zasáhnout v údržbě například při výměně opotřebovaného dílu a tím zkrátit nečinnost stroje na minimum.

Díky této analýze lze stanovit optimální čas výměny opotřebovaného dílu ve výrobě. Z husté sítě senzorů profitují například elektrické pohony výtahů, a i roboty při opotřebením pohonu a brzd. I na svařovacích kleštích senzory včas signalizují, že by mohlo dojít k chybě nebo problému v kvalitě.

Dále od března roku 2017 je zavedena v závodě v MÜNCHEN poprvé dokonce plnoautomatická kontrola kvality v lakovně, prováděna roboty, které pomocí kamery skenují celkovou vnější plochu automobilu. Touto metodou jsou objeveny chyby, které člověk není schopen zaznamenat (BMW Group, 2017).

Data poskytují zpětné závěry na preciznost původních procesů v lakovně, umožňují tím, že se již předem mohou optimalizovat pracovní kroky a takto snížit četnost chyb.

Od druhé poloviny roku 2017 BMW používá ve všech výrobních závodech v oblasti montáže algoritmy pro analýzu závitového spojení na více než

3 200 zařízeních. Výsledky analýzy se okamžitě zaznamenávají do procesní křivky, a to v době průběhu šroubování. Následně je nutná ještě analýza této křivky (dvz, 2017). Tímto programem se nejen identifikují chyby a jejich příčiny, ale mohou se zaznamenat v diagramu příčin a následků i jejich případné prameny, což by nebylo možné při manuálním vyhodnocení.

V montáži jsou zvláště důležitá spolehlivá dopravní zařízení. Jejich výpadek i na jednom místě by mohl totiž způsobit zastavení celého výrobního procesu.

Velké množství senzorů proto však dohlíží stále na tyto zařízení a přenáší data pomocí Live Streamu na BMW Intranet-of-Things (IoT) platformu. Zde jsou data v reálném čase vizuálně zaznamenány a analyzovány. Jakmile by platforma hlásila tendenci k odchylce od předepsané hodnoty, mohou pracovníci rozhodnout, zda závěs musí být předán k údržbě, než by došlo k vlastní poruše provozu (dvz, 2017). Tímto má být zajištěn spolehlivý chod, stabilní a efektivní proces po celý rok.

Je to právě Smart Data Analytics, která umožňuje společnosti BMW zohlednit rychleji přání zákazníků ve vývoji a produkci.

### **3D tisk**

BMW je pionýrem v používání inovativních výrobních metod. Zabývá se již přes 25 let s 3D tiskem. Zpočátku tato technologie hrála jen při stavbě prototypů roli. Dnes BMW Group vyrábí ročně okolo 100 000 stavebních dílů pomocí 3D tisku (Kögel, 2017). Podle potřeby se aplikují různé výrobní postupy.

Zároveň se uplatňuje 3D tisk také pro výrobu individuálních ergonomických pomůcek pro pracovníky BMW v montáži. V rámci pilotního projektu v závodě MÜNCHEN se například zkoumalo v roce 2014 zavedení individuálních ortéz do oddělení montáže automobilů. Pracovníky má tato ortéza ochraňovat před velkým zatížením palcového kloubu při některých montážních činnostech, jak je vidět na následujícím obr. 18. Každá tato pomůcka je vyrobena individuálně pro každého pracovníka (tzn. dle formy a velikosti ruky) přímo v závodě pomocí technologie 3D tisku (BMW Group, 2018).



Zdroj: elektroniknet.de

**Obr. 18 Individuální ortéza vyrobená 3D tiskem**

## **CPS**

Budoucnost leží i u BMW v kyber-fyzikálních systémech (CPS) tzn., v inteligentní kombinaci reálného a virtuálního světa. Důležitou součástí CPS tvoří FTS.

V závodě v Leipzig je v současnosti nasazeno 74 FTS tříkolových transportních vozidel bez řidiče od firmy TMS Automotion, které mají za úkol zabezpečit přepravu materiálu ze zásobovacího centra do montážní haly. Vcelku zde existuje 65 tzv. nádraží (tak jsou nazývána místa nakládky a vykládky) tohoto systému, kde FTS přejímají příslušné díly a dopravují je do cílové stanice podle potřeby. Požadavky a potřeby logistiky jsou zprostředkovávány přes SAP systém.

Pro optimalizaci cesty, byly stanoveny tři standardní dopravní trasy. Jestliže existuje několik transportovaných dílů z různých částí zásobovacího centra a mají stejné cílové nádraží v montážní hale, pak se automaticky spojí, aby takto ušetřily energii. Centrální počítač řídí FTS a zároveň umožňuje sledování aktuální pozice vozidla (Materialfluss, 2013).

FTS tohoto typu nejsou v provozu pouze v závodě BMW Leipzig, ale také zároveň úspěšně v závodě BMW Dingolfing.

V závodě Dingolfing jsou dále používány pro zásobování montážních pásů tzv. manuální logistické vláčky. Jedná se přitom o starší přepravní systém. Od roku 2016 existují pro překonání velké vzdálenosti mezi montážní halou a skladem v závodě i bezpilotní vozidla tohoto typu, které jsou na následujícím obr. 19 zobrazeny.



Zdroj: BMW Group

***Obr. 19 Autonomní logistické vláčky zásobují montážní logistiku v závodě BMW Group Dingolfing***

V současné době bylo vyvinuto nové technické řešení tzv. Automatic calibration module, které umožňují aktualizaci stávajících autonomních logistických vláčků. Toto vše je umožněno díky laserové multilateraci. Laser snímá přitom několikrát za sekundu prostředí haly a zobrazí odrazy jako 2D profil prostoru. Na základě tohoto zobrazení je si schopen vláček určit pozici v hale (Hiller, 2018).

### **Asistenční systémy a pomůcky**

Pro BMW neznamena Průmysl 4.0 jen smysluplně využívat vylepšených technologií, ale také optimálně podporovat své spolupracovníky ve výrobě, a i přípravných odděleních pro výrobu. Vidí šance v inovativní automatizaci a vysoce moderních asistenčních systémech pro pracovní prostředí.

Asistenční systémy jsou schopny jako pomocné prostředky pracovníky přímo podpořit a komplexní pochody zjednodušit. BMW používá AR při údržbě, vývoji koncepce a počátečním vzorkování.

Pomůcky se testují v pilotních projektech jako například před čtyřmi lety koncem roku 2014 ve Spartanburg – USA, prováděla test firma BMW pomocí Google – Glass, což jsou speciální brýle s kamerou. Jejich využití mělo sloužit k urychlení

a zoptimalizování zkoušky kvality řady testů předsériových automobilů. Použití datových brýlí umožňovalo přímou komunikaci mezi pracovníky v analytickém centru a inženýry ve vývoji, a to pomocí fotografií, anebo videem byly zaznamenávány závady. Pracovníci tím pádem nemuseli vypracovávat zdlouhavou písemnou dokumentaci (Nagel, 2014).

Pravděpodobně se tato technologie zatím neosvědčila, protože nelze najít informace o současném uplatnění zkoušené pomůcky v praxi.

V závodě Landshut ve výrobě nárazníků, rovněž v roce 2014, v pilotním projektu prověřovali kvalitu laku na výrobku pomocí gest – bezdotykového ukázání prstem. Závod Landshut s Fraunhofer institutem vyvinul společně program, který byl používán k poznání a vyhodnocení těchto gest. Jednalo se zde o systém, který poznal interakcí mezi člověkem a výrobkem, zda je výrobek v pořádku nebo ne. Nad bezchybným nárazníkem pracovník udělal pouze gesto – setřeno. Nárazník, na kterém se chyba vyskytovala – na ten ukázal prstem a dvě 3D kamery ihned toto gesto zaregistrovaly, program tuto chybu vyhodnotil a uložil zaregistrování chyby do paměti. Dosud museli pracovníci dokumentovat kvalitu výrobku na počítači a tím opouštět svoje pracovní místo, což bylo časově náročné (Hoffmann, 2014). Toto se změnilo touto novou metodou a náklady na spotřebu času se minimalizovaly. Tehdy byl tento systém připraven pro sériovou výrobu.

V závodech v MÜNCHEN a v LEIPZIG testovala firma BMW chytré hodinky, které upozorňovaly spolupracovníky v montáži, když se blížil automobil s vyšší komplexitou nebo neobvyklými požadavky na zacházení. Zaměstnanec byl o tomto informován vibračním alarmem na hodinkách a osvětlením displeje (Schillmoeller, 2015).

V roce 2014 byly vyvinuty startupem ProGlove (inteligentní průmyslové rukavice), vybavené senzory a skenerem pro čárkový kód, viz následující obr. 20.





Zdroj: [digitaleweltmagazin.de](http://digitaleweltmagazin.de)

**Obr. 20 Inteligentní rukavice ProGlove**

Po úspěšných pilotních projektech s ProGlove rukavicemi v závodě München a Dingolfing se nyní používají i v závodech Regensburg, Leipzig a Berlin (Hepe, 2016).

Chytré rukavice jsou v provozu hlavně v produkci a v logistice. Na základě tohoto pomocného prostředku odpadl obtížný pracovní krok ručního skenování, čímž se uspoří čas. Například v závodě Dingolfing jsou ušetřeny touto pomůckou až 5 sekund za jeden sken, což činí celkovou úsporu 4 000 minut za den (Gerd, 2016). Obdobně dochází k úspoře času zároveň i v závodě München, kde se vyrábí denně 1 000 vozidel a každý z nich je 1 200krát skenován (Schuchardt, 2017).

Dále použití ProGlove rukavic vede k jistější, jednodušší a ergonomické práci. Pracovník dostává okamžitě pomocí optických, akustických a hmatových signálů zpětnou vazbu k jeho jednotlivým pracovním krokům, což slouží navíc k zvýšení kvality procesu.

Další ergonomickou pomůckou jsou tzv. exoskelety, které pracovníci nosí na horní i dolní části těla. Těchto exoskeletů pro horní část lidského těla – tzv. exoskeletních vest se používá v sériové výrobě BMW v závodě Spartanburg v USA, kde také byly testovány. Nosí se jako batoh na zádech. V kloubech těchto vest je umístěno mechanické pero, které má spolupracovníky podpořit při stálé namáhavé zátěži horní části ruky a zvýšit sílu v ruce při montážích nad hlavou. Zpočátku roku 2017 zde bylo používáno 24 ks exoskeletů a koncem roku již 68 ks.

Zároveň i v Německu u několika BMW závodů se používá aktuálně celkem jedenáct exoskeletů, ale na dolní část těla. Jedná se o exoskelet, který jako židle, zlepšuje u pracovníků držení těla a dále jim ulevuje při montážní činnosti. Exoskelet se skládá z pohyblivých kolejnič, které si pracovník připne na nohy i tělo a může si podle své potřeby zajistit vyhovující pozici (Peter, 2017).

### **Digitální továrna**

Digitální továrna je virtuální vyobrazení reálné továrny a jejích procesů, kde lze simulovat změny a optimalizace procesů, aby zvyšovaly produktivitu, šetřily vývojové náklady, zkrátily vývojové cykly a zmenšily počet prototypů. Výrobky modulárně konstruovat a výrobní linky optimálně projektovat.

Firma BMW pochopila včas přednosti digitalizace a již před dvaceti lety se začala zabývat jako jedna z prvních automobilek digitální továrnou. Proto začala ve velkém investovat do této technologie a zahájila spolupráci s firmou Tecnomatix na softwarové řešení digitální továrny, které mělo zkrátit vývojovou a plánovací fázi pro nová vozidla. V návaznosti na tuto smlouvu u BMW bylo vytvořeno 100 míst pro odborníky na řešení CAPE (Computer Aided Production Engineering).

V počátečních letech se u BMW skládal digitální svět z tzv. isolated systems, tyto dílčí procesy co možná nejlépe podporovaly plánování výroby. Mělo to však určitou chybu, tyto systémy měly rozhraní, která spojovala pouze některé systémy, tímto mohly být data během jednotlivých plánovacích fází částečně dále použita, ale bohužel nebylo jisto, že každá plánovací oblast pracuje s aktuálním stavem (N.N., 2015).

V posledních letech se však situace u firmy BMW značně v plánování výroby změnila. Jsou sice ještě části plánování dosud digitálně nepodpořené, ale na druhé straně digitálně podpořené plánování se stále dále úspěšně vyvíjí. Byla vypracována další rozhraní a tím získána nová průchodnost mezi systémy.

Aktuálně se již sice podařilo u BMW mnoho činností napodobit na počítači, ale stále to není zcela kompletní zobrazení reálného světa do virtuálního s takovým výsledkem, aby v konečné fázi nemusel ještě stále zasahovat člověk, který na zařízení pracuje a sám musí doladit určité jemné detaily manuálně, což samozřejmě mimo jiné také vede k prostojům na strojích a tím i k vyšším

nákladům. Stále však dochází k vylepšování, v minulých letech se podařilo například vyvinout expertům přímo z IT a výroby firmy BMW vlastní systém – řešení digitální továrny k virtuálnímu utěsnění svařovacích švů (Tauber, 2014).

V současnosti je jasné, že cílem digitální továrny je jak optimalizace plánovacích procesů, včasné zajištění objemu plánu, integrace vývoje a výroby přes hranice jednotlivých oddělení, tak i bezpečné přenášení dat. „Řešení“ digitální továrny ovšem firma BMW nevyužívá pouze v digitálním plánování výroby, ale také například při simulaci spotřeby energie.

Do budoucna firma plánuje, dosáhnout průchodnosti mezi všemi systémy – tzn. mezi vývojem produktu, plánováním výroby a samotnou výrobou se stálým srovnáváním mezi digitální a reálnou továrnou, tak jako standardizace plánovacích objektů a procesů, což je také cílem Průmyslu 4.0.

## 5 Srovnání využití technologií průmyslu 4.0 společností VW a BMW

Společnost VW a BMW spojuje v souvislosti s Průmyslem 4.0 vize chytré továrny, která bude nejen propojena v rámci závodu, ale po celém dodavatelském řetězci za účelem optimalizace výrobních procesů.

Zatím stojí však obě firmy na počátcích tohoto vývoje a je patrné, že v některých oblastech kladou již dnes důraz na rozdílné aspekty technologií Průmyslu 4.0, viz následující tabulka.

Technologie	VW	BMW
<b>Roboty</b>	<p>UR5 Salzgitter, 2013 v montáži hlav válců.</p> <p>LBR Kuka iiwa 2015 pilotní projekt v oddělení montáže modelové řady T v Hannover.</p> <p>LBR iiwa ve Wolfsburg, 2015 pilotní projekt, od roku 2016 Kuka-flexFELLOW v sériově výrobě.</p> <p>HRC – průmyslový robot – test prototypu Wolfsburg, 2018</p>	<p>UR Spartanburg USA, 2013 – test – úspěšný.</p> <p>UR Leipzig a UR Dingolfing, 2017 v montáži.</p> <p>HRC – poloautomatické zařízení Kuka KR 210 R2900 Landshut, 2015 kontrola kvality ve slévárně.</p> <p>Kuka KR 210 R3100 F Landshut, 2015 ve slévárně.</p> <p>STR Wackersdorf, 2016 v montáži/ve skladu.</p> <p>LBR Kuka iiwa Dingolfing, 2016 v montáži.</p> <p>LBR Kuka iiwa München, 2016 v karosárně.</p> <p>HRC – průmyslový robot – Regensburg, 2017</p>
<b>Big Data</b>	Spolupráce s americkým výrobcem chipu Nvidia, 2017	Spolupráce s IBM, 2014

<b>3D tisk</b>	Zpočátku jen – zhotovování prototypů, kovových montážních pomůcek. Od roku 2017 rozšíření výroby o náhradní díly Golf GTI, GTE a starší typy vozidel.	Od roku 1989 – použit pro automobilový koncept. Od roku 1991 – sériové stavební díly. 100 000 stavebních dílů, 2017 (BMW Group).  Ergonomické pomůcky München, 2014.
<b>CPS</b>	System Monitoring Condition Wolfsburg, 2014.  FTS – 60 typů (2017 pilotní projekt v Emden – nová technologie – laser).	FTS 74 kusů v současnosti – Leipzig. FTS Dingolfing. Logistické vláčky v současné době v Dingolfing.
<b>Virtual Reality</b>	Digital Reality Hub, 2017.	
<b>Asistenční systémy</b>	Google Glass Wolfsburg, 2015.  Smartwatch, tablet a náramek RFID, Wolfsburg 2016 pilotní projekt.  ProGlove – inteligentní rukavice Wolfsburg, 2017.  Pick-by-Light Wolfsburg, 2017.	Google Glass Spartanburg USA, 2014.  Program – posuzování kvality gesty pilotní projekt Landshut, 2014.  Smartwatch München, Leipzig, 2015 pilotní projekt.  ProGlove – inteligentní rukavice pilotní projekty München a Dingolfing, 2016 – v současnosti použití ještě v Regensburg, Leipzig a Berlin.  Exoskelety Spartanburg USA, 2017. V Německu v současnosti 11 kusů.

Zdroj: vlastní zpracování

Jednu z klíčových technologií přitom představují roboty, které obě společnosti využívají již od 80tých let minulého století při sériové výrobě automobilů. Tyto roboty se vyvinuly dále. Největší inovací v souvislosti s Průmyslem 4.0 přitom představují senzitivní roboty lehké konstrukce (HRC), které umožňují spolupráci člověka s roboty, a to bez ochranného plotu. VW a BMW využívají přitom tyto roboty lehké konstrukce od nejrůznějších výrobců.

Očividně se ale osvědčil zejména v roce 2015 na trh uvedený robot iiwa od německé společnosti Kuka, který se dnes využívá již v několika závodech obou automobilek při plnění nejrůznějších úkolů.

Pozoruhodné přitom je, že právě automobilka BMW klade očividně větší důraz na kolaboraci člověka s robotem než VW. Kdežto VW roboty hlavně využívá k nahrazení lidské práce, BMW je využívá k podpoře zaměstnanců, jak mimo jiné ukazuje příklad v závodu Landshut, kde podporují roboty lidské kolegy při kontrole kvality skříní klikové hřídele tím, že místo nich vykonávají ergonomicky namáhavou činnost. BMW jako první firma na světě v roce 2017 zavedla proto také spolupráci člověka s těžkým průmyslovým robotem bez ochranného plotu v podniku Regensburg v montáži převodovek.

Na cestě k chytré továrně hraje ve VW a v BMW pochopitelně Big Data technologie velkou roli, neboť při výrobě a provozu automobilů vzniká velké množství dat, které lze využít k optimalizaci výrobních procesů a kvality automobilů.

Důležitou oblastí použití Big Data technologií představuje v obou společnostech predictive machine maintenance. VW v této oblasti kooperuje hlavně s americkým chipovým výrobcem Nvidia, zatímco BMW spoléhá zejména na řešení Smart Data Analytics počítačového giganta IBM.

Nemělo by se však zamlčet, že obě automobilky v oblasti Big Data technologií vyhledávají i možnosti k spolupráci se startupy, jako například v případě VW s českým Neuron Soundware, které nabízí pro predictive machine maintenance mnohoslibné, netradiční řešení.

S ohledem na Průmysl 4.0 budou hrát 3D tiskárny čím dál tím větší roli. V oblasti této technologie je nutno podotknout, že BMW má značný náskok nad VW. To souvisí mimo jiné s tím, že BMW začínalo využívat tuto technologii před více než

25ti lety. Má tudíž velkou zkušenost i s technicky náročnými výrobními procesy v oblasti 3D tisku, jako například při tisku částek z kovu.

BMW proto využívá již dnes 3D tisk úplně běžně pro tisk některých částí v sériové výrobě. Oproti tomu VW tuto technologii při sériové výrobě využívá jen zcela výjimečně. 3D tisk má proto ve VW zatím hlavní uplatnění při výrobě prototypů automobilů a náhradních dílů.

BMW se neomezilo na využití 3D tisku jen na výrobu součástek pro automobily. Vyrábí tímto způsobem dokonce individuální pracovní pomůcky jako například ortézy pro zaměstnance pracující ve výrobě. I zde je vidět, že BMW klade velký důraz na podporu člověka při práci.

Pro vytvoření chytré továrny jsou kyber – fyzikální systémy (CPS) nezbytné. Zajišťují propojení reálného světa s virtuálním světem a umožňují jak komunikaci člověka se strojem, tak komunikaci mezi stroji samotnými (M2M komunikace). Jeden příklad pro praktické uplatnění CPS technologie ve VW a BMW představují autonomní přepravní vozíky, které jsou důležité pro zajištění přepravy součástek v rámci závodu.

Každá z těchto dvou automobilek si vytvořila vlastní dopravní systémy na základě individuálních potřeb. Tyto systémy jsou ale zásadně srovnatelné.

Pro VW ale představuje do jisté míry problém, že v rámci celého koncernu se využívají pro ty samé, anebo srovnatelné účely, 60 různých dopravních systémů typu FTS. Pro VW to bude s ohledem na velikost koncernu do budoucna proto poměrně velkou výzvou tento systém sjednotit za účelem dalšího vývoje a integrace do CPS. Pro BMW toto bude daleko snazší úlohou.

Co se týče virtuální reality, tak ta bude mít do budoucna jak ve VW, tak i v BMW hlavně uplatnění při propagaci a prodeji automobilů. Volkswagen navíc již dnes využívá virtuální realitu v rámci "Volkswagen Digital Reality Hub" pro spojování zaměstnanců koncernu z celého světa, aby si touto cestou mohli vyměňovat zkušenosti a nové ideje.

Zajímavé bude sledování tohoto projektu, jak se bude vyvíjet dál a zda zaměstnanci virtuální realitu skutečně přijmou jako prostor pro spolupráci s kolegy z celého světa. Pokud by se tento systém měl osvědčit, bude to určitě jen otázkou času, že BMW zavede podobný systém také v rámci svého koncernu.

V oblasti asistenčních systémů a pomůcek, nelze spatřit jednotný a systematický postup ve VW a BMW. Zdá se, že se obě automobilky zatím věnují hlavně pilotním projektům, které se potom ojedinele dostanou do praxe.

Velký potenciál jako asistenční systém určitě budou mít do budoucna datové brýle na způsobu Google Glass, které vytvářejí rozšířenou realitu, tzv. Augmented Reality.

Z tohoto důvodu testovaly společnosti BMW a VW tyto datové brýle pro nejrůznější účely v jejich závodech. Dosud se tato technologie ještě ale neprosadila, což souvisí také s tím, že Google tyto brýle ještě nezavedl do sériové výroby. Jejich využívání má tudíž do značné míry pilotní charakter.

Jiný výrobce srovnatelných brýlí momentálně neexistuje. Spekuluje se ale o tom, že by mohly v dohledné době uvést firmy Samsung a Apple takový sériový výrobek na trh.

Jakmile by se datové brýle měly prosadit na spotřebitelském trhu, není o čem pochybovat, že se budou využívat také zcela běžně v průmyslu. VW a BMW jsou na tuto technologii do jisté míry připraveny, neboť získaly již určitou zkušenost s Google Glass.

## **5.1 Ověření hypotézy a doporučení**

V úvodu této práce jsem stanovila hypotézu, že přechod na Průmysl 4.0 je pro německý automobilový průmysl nezbytný k udržení konkurenceschopnosti na trhu.

Udržení konkurenceschopnosti přitom úzce souvisí s velkými společenskými výzvami 21. století, mezi které můžeme zařadit zejména globalizaci a změnu demografické struktury společnosti. Jen automobilky, které se budou schopny s těmito otázkami vypořádat, budou nadále konkurenceschopné.

Výsledkem globalizace je totiž, že se nacházejí závody a subdodavatelé automobilek po celém světě. Průmysl 4.0 přitom může zjednodušit výrobu, zvýšit efektivitu a snížit náklady pro dodavatelské řetězce. Pozitivní vedlejší účinek přitom bude snížení negativních vlivů na životní prostředí.

Další následek globalizace je, že automobilky často vyrábějí tam, kde jsou pro ně příznivější mzdové podmínky. Německo však nepatří mezi tyto země. Náklady



na jednu pracovní hodinu v německém automobilovém průmyslu v roce 2013 činily 48,40 euro. Tím je pracovní hodina v Německu nejdražší v celé EU. Odpovídá to desetinásobku nejnižších nákladů na pracovní hodinu v EU, které najdeme současně v Rumunsku (Statista, 2017).

### **Optimalizace robotů pomocí Big Data technologie a umělé inteligence**

Pracovní hodina robota je podobně výhodná jako hodina pracovníka v Rumunsku. Na hodinu práce robota je nutno vynaložit jen okolo 3 až 6 euro (Vorreger, 2016). Efektivita robota a tím pádem také náklady na její využití hodně záleží i na dovednosti IT odborníků, kteří programují roboty.

Doporučuji proto, aby se automobilky VW a BMW snažily nejen o zavádění nových systému, ale také o optimalizaci stávajících robotů, zejména také starších průmyslových robotů, aby byly schopny spolupráce s člověkem bez ochranných plotů.

Při optimalizaci stávajících robotů a výrobních systémů by se měly obě společnosti zaměřit na umělou inteligenci. Zde obě automobilky ještě pořád nevyužily celý potenciál. Disponují sice velkým množstvím dat – Big Data, což lze považovat jako jeden důležitý základ – ale zatím ho nevyužívají v plném rozsahu k vytvoření umělé inteligence.

### **Investice do Cybersecurity**

V souvislosti s umělou inteligencí, Big Data technologií a další digitalizací se samozřejmě zvyšují ale také cyber rizika. Otázky Cybersecurity ovšem zatím jak firmy VW, tak BMW poměrně zanedbaly.

Dosud sice ještě nedošlo k významnému cyber útoku na automobilový průmysl. Případ ransom waru wanna cry, který cílil minulý rok ve velkém stylu mimo jiné také na podnikovou sféru a veřejnou infrastrukturu však ukázal jak náchylná a ohrožená je digitální infrastruktura. Společnosti VW a BMW by proto bezpodmínečně měly investovat do IT bezpečnosti, aby minimalizovaly cyber rizika a jejich následky. Jen tak lze trvale zajistit pozitivní vliv technologií Průmyslu 4.0 na udržení konkurenceschopnosti pro VW a BMW.

## **Podpora zaměstnanců**

Další výzvou pro VW a BMW bude změna demografické struktury společnosti. Ačkoliv lze lidskou pracovní sílu čím dál tím víc nahradit, bude lidská práce i v budoucnosti nutná.

Vzhledem k tomu, že je již současně velice nízká nezaměstnanost v Německu (3,4 %, 03/2018), můžou technologie Průmyslu 4.0 být vhodnou reakcí na nedostatek kvalifikovaných pracovních sil. Do budoucnosti bude ale ještě větší výzvou disponovat s ještě menším počtem zaměstnanců.

Z tohoto důvodu doporučuji obou automobilkám, aby stávajícím zaměstnancům usnadnily práci tak, že ji budou schopni vykonávat i ve vysokém věku.

Snahy společnosti BMW v této oblasti by mohly být vzorem pro VW. BMW klade totiž velký důraz na kooperaci člověka s robotem a poskytuje zaměstnancům dokonce individuální pomůcky, které jim usnadňují hlavně fyzicky náročné práce.

Ale nejen demografická struktura společnosti se změní, změní se také požadavky na práci. Úkoly plněné lidmi do budoucnosti budou čím dál tím komplexnější. Automobilky VW a BMW budou tudíž muset zajistit vlastními vzdělávacími programy, aby stávající zaměstnanci byli schopni vykonávat nové druhy práce, které například budou mimo jiné spočívat v řízení a kontrolování práce robotů, neboť počet potenciálních nových zaměstnanců bude s ohledem na demografickou změnu společnosti neustále klesat.

## **3D tisk**

3D tisk má obrovský potenciál, jak ještě zrychlit a usnadnit celou výrobu. Pomáhá vylepšit podmínky pro Just in Time výrobu a šetřit suroviny. Jakmile náklady za pořizování a provozování 3D tiskáren budou dále klesat, budou nahrazovat dál a dál tradiční výrobní postupy.

BMW při využívání této technologie má oproti VW obrovský náskok. Společnosti VW bych proto doporučila, aby se v této oblasti nechala inspirovat bavorskou konkurencí, a to nejen v oblasti samotné výroby, ale také při poskytování individuálních pomůcek, aby náskok BMW nebyl nepředstižitelný. Na druhou

stranu by ani BMW nemělo na svou přední pozici v oblasti 3D tisku spoléhat a tuto technologii vyvíjet dál.

### **Potvrzení hypotézy**

Lze tedy shrnout, že přechod na Průmysl 4.0 je pro německý automobilový průmysl nezbytný k udržení konkurenceschopnosti na trhu. Jen technologie Průmyslu 4.0 jsou totiž adekvátní odpovědí na výzvy 21. století. To však vyžaduje neustálý pokrok a vývoj. Určitou slabou stránkou automobilek jsem přitom spatřila v oblasti umělé inteligence, Big Data a IT bezpečnosti. Zde by měly zvýšit firmy VW a BMW své investice. Vidím to ale do jisté míry kriticky, protože vývoj v této oblasti probíhá hlavně ve spolupráci s americkými partnery jako například IBM (např. spolupráce s BMW) a chipovým výrobcem Nvidia (např. spolupráce s VW). Aby si tyto dvě automobilky zachovaly svoji samostatnost, bylo by určitě vhodné usilovat o vlastní vývoj v této oblasti.

K udržení konkurenceschopnosti na trhu ale v každém případě přispívají technologie Průmyslu 4.0, neboť ačkoliv Německo má vysokou mzdovou úroveň, tyto technologie umožňují zachovat rozumný poměr ceny a kvality vozidel vyrobených v Německu i pro lidi z jiných zemí.

## Závěr

Průmysl 4.0 bude mít nepochybně významný vliv na německý automobilový průmysl, neboť již dnes můžeme zaznamenat velké změny ve výrobě a organizaci německých automobilek, jak ukazují příklady ze závodů VW a BMW a to, ačkoliv zatím stojíme na počátku této nové éry průmyslových dějin.

Je ale nutné, aby německé automobilky VW a BMW, které jsem analyzovala v této práci, neusínaly na vavřínech. Mezinárodní konkurence není totiž v této oblasti nečinná. To platí zejména pro asijské automobilky Kia, Hyundai a Toyotu. Čínské automobilky také projevily velký zájem o tyto technologie.

Oproti německým automobilkám tyto noví hráči mají tu přednost, že nemusejí přecházet v již stávajících továrnách na nové technologie, což je často spojeno s problémy, ale že můžou ihned vybudovat nové továrny, které odpovídají moderním požadavkům Průmyslu 4.0.

Německé automobilky, jako VW a BMW, ale z toho mohou čerpat, že mají obrovskou zkušenost s výrobou automobilů vynikající pověsti a dlouholeté tradice. Pokud se jim v návaznosti na to podaří úspěšně implementovat technologie Průmyslu 4.0 do vlastní výroby, bude pro ně znamenat změna demografické struktury společnosti a nižší počet potenciálních zaměstnanců překonatelný problém. Se zvyšováním počtu robotů ve výrobě přitom bude ztrácet mzdová úroveň ten význam, který v minulosti měla. Místo toho budou důležité pro udržení konkurenceschopnosti jiné faktory jako například vzdělávání, které je v Německu na poměrně vysoké úrovni.

## Seznam literatury

ABELE, Eberhard a KOL. *Wandlungsfähige Produktionssysteme* [online]. 2008. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: [http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/Wandlungsfahige\\_Produktionssysteme.pdf](http://www.forschungsnetzwerk.at/downloadpub/Wandlungsfahige_Produktionssysteme.pdf)

Ampenet. *Volkswagen treibt 3-D-Druck im Autobau voran* [online]. 26. února 2015 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.auto-medienportal.net/artikel/detail/29877>

ASTOR, Michael a A KOL. *Abschlussbericht: Marktperspektiven von 3D in industriellen Anwendungen* [online]. 17. ledna 2013 [cit. 2018-01-13]. Dostupné z: [https://www.prognos.com/uploads/tx\\_atwpubdb/130117\\_Prognos\\_IGD\\_MC\\_Studie\\_3D\\_Maerkte.pdf](https://www.prognos.com/uploads/tx_atwpubdb/130117_Prognos_IGD_MC_Studie_3D_Maerkte.pdf)

Automationspraxis. *Platzsparende MRK entlastet Mitarbeiter* [online]. 17. dubna 2018 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://automationspraxis.industrie.de/servicerobotik/platzsparende-mrk-entlastet-mitarbeiter/>

Automobilwoche. *Elektromobilität: Daimler-Betriebsratschef befürchtet massiven Stellenabbau* [online]. Automobilwoche, 2016 [cit. 2017-11-21]. Dostupné z: <https://www.automobilwoche.de/article/20161120/AGENTURMELDUNGEN/311209986/elektromobilitaet-daimler-betriebsratschef-befuerchtet-massiven-stellenabbau>.

BAUER A KOL. *Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0* [online]. Duben 2013 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: [https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen\\_Industrie4\\_0.pdf](https://www.bmbf.de/files/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf)

BETTENHAUSEN, Kurt D. a Stefan KOWALEWSKI. VDI/VDE-GESELLSCHAFT. *Cyber-Physical Systems: Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation* [online]. Duben 2013. [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: [https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme\\_Cyber-Physical\\_Systems.pdf](https://www.vdi.de/uploads/media/Stellungnahme_Cyber-Physical_Systems.pdf)

BMW AG. *JAHRESABSCHLUSS DER BMW AG: Geschäftsjahr 2017* [online]. 22. března 2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: [https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup\\_com/ir/downloads/de/2018/Gesch%C3%A4ftsbericht/BMW-AG17\\_de\\_ONLINE.pdf](https://www.bmwgroup.com/content/dam/bmw-group-websites/bmwgroup_com/ir/downloads/de/2018/Gesch%C3%A4ftsbericht/BMW-AG17_de_ONLINE.pdf)

BMW Group. *BMW GROUP WERK MÜNCHEN ERÖFFNET NEUE LACKIEREREI*. [online]. 31. května 2017 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.bmwgroup-werke.com/muenchen/de/aktuelles/pressemitteilungen/neue-lackiererei.html>

BMW Group. *Additive Fertigung: 3D-Druck in Perfektion* [online]. 2018 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.bmw.com/de/innovation/3d-druckerei.html>

BMW Group. *Die BMW Group – ein global agierendes Unternehmen*. [online]. 2018 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://www.bmwgroup.com/de/unternehmen/standorte.html>

BRACHT, Uwe, Dieter GECKLER a Sigrid WENZEL. *Digitale Fabrik*. 2018. Springer Vieweg. ISBN 978-3-662-55783-9.

BUCHENAU, Martin-W. a Axel HÖPNER. *HANDELSBLATT. Industrie 4.0: Revolution auf der Hannover Messe* [online]. [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.handelsblatt.com/technik/hannovermesse/industrie-4-0-der-roboter-kann-dem-menschen-assistieren/11625858-2.html>

Bundesministerium für Bildung und Forschung. *Industrie 4.0 Innovationen für die Produktion von morgen* [online]. 31. srpna 2017 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: [https://www.bmbf.de/pub/Industrie\\_4.0.pdf](https://www.bmbf.de/pub/Industrie_4.0.pdf)

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. *Rösler: Enge Verzahnung von Industrie und Informations- und Kommunikationstechnologien stärkt deutsche Wirtschaft* [online]. 09. dubna 2013 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <http://www.autonomik.de/de/1080.php>

CLOER, Thomas. *BMW nutzt Analytics und Big Data von IBM* [online]. 11. března 2014 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.computerwoche.de/a/bmw-nutzt-analytics-und-big-data-von-ibm,2555849>

Deutsche Messe AG. *Predictive Maintenance: 2. VDMA-Kongress "Predictive Maintenance 4.0"* [online]. 17. února 2017 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <http://www.hannovermesse.de/de/news/2.-vdma-kongress-predictive-maintenance-4.0.xhtml>

Dvz. BMW nutzt verstärkt Datenanalysen. *Deutsche Verkehrs-Zeitung* [online]. 01. září 2017 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.dvz.de/rubriken/logistik/single-view/nachricht/bmw-nutzt-verstaerkt-datenanalysen.html>

EBNER, Michael. *Industrie 4.0: Nachhaltige Produktion durch intelligentes Energie-Datenmanagement*. [online]. 12. listopadu 2014 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/austria/article/attachment/T0196253DE/285928>

ECKL-DORNER, Wilfried. *Neue Chance für Google Glass - in den Lagerhallen von VW* [online]. 09. března 2015 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: (<http://www.manager-magazin.de/unternehmen/autoindustrie/datenbrille-google-glass-soll-produktivitaet-von-vw-erhoehen-a-1022591.html>).

Egs. *MRK Mensch-Roboter-Kollaboration* [online]. 2016 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <http://www.egsautomatisierung.de/unternehmen/standpunkte/mrk-mensch-roboter-kollaboration/>

EISERT, Rebecca. *Industrie 4.0: Gebt den Maschinen das Kommando* [online]. 2014 [cit. 2017-11-24]. Dostupné z: <http://www.wiwo.de/technologie/cebit-spezial/industrie-4-0-gebt-den-maschinen-das-kommando/9594706.html>

Fraunhofer IAO. *Was bedeutet Public, Private und Hybrid Cloud?* [online]. 2017 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <https://www.cloud.fraunhofer.de/de/faq/publicprivatehybrid.html>

FRICK, Thomas W. *Von Industrie 1.0 bis 4.0 – Industrie im Wandel der Zeit* [online]. 2. října 2014 [cit. 2017-11-24]. Dostupné z: <http://industriewegweiser.de/von-industrie-1-0-bis-4-0-industrie-im-wandel-der-zeit/>

FRITSCH, Thomas. *Das Dream-Team - KUKA Roboter ermöglichen die Zusammenarbeit zwischen Mensch und Roboter in der Qualitätssicherung* [online]. 01. března 2017 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.foundryplanet.com/de/equipment/detailansicht/das-dream-team-kuka-roboter-ermoen-lichen-die-zusammenarbeit-zwischen-mensch-und-roboter-in-der-qualitaetssicherung/?cHash=7d53d062c48cb2af500d3c005d98ba38>

GEIß, Dieter. *Der Grosse Ploetz: Die Enzyklopädie der Weltgeschichte*. 35. Freiburg im Breisgau und Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht, 2008. ISBN 978-3-525-32008-2.

GRUPP, Michael. *Standardisierung im Umfeld von Industrie 4.0 Normierung als Basis für Wachstum* [online]. 24. října 2016 [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <http://industrieanzeiger.industrie.de/themen/industrie-4-0/normierung-als-basis-fuer-wachstum/>

GÜNTER, Ullrich. *Fahrerlose Transportsysteme: Eine Fibel - mit Praxisanwendungen - zur Technik - für die Planung*. 2014. Springer Vieweg. ISBN 978-3834825919.

HAAG, Michael. *Kollege Roboter in der Fabrik der Zukunft* [online]. 27. května 2014 [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: [http://www.sps-magazin.de/?inc=artikel/article\\_show&nr=87478](http://www.sps-magazin.de/?inc=artikel/article_show&nr=87478)

HACKE, Manuela. *Vorbeugen ist besser als Heilen: Im Presswerk verhindert die zustandsorientierte Instandhaltung größere Störungen* [online]. Srpen 2014 [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: [http://autogramm.volkswagen.de/08\\_14/wolfsburg/wolfsburg\\_04.html](http://autogramm.volkswagen.de/08_14/wolfsburg/wolfsburg_04.html)

HARTH, Sven a KOL. BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND ENERGIE. *Cloud-Computing als Chance für Unternehmen Potentiale der Cloud und wie sie von KMU genutzt werden können: Potentiale der Cloud und wie sie von KMU genutzt werden können* [online]. [cit. 2018-01-29]. Dostupné z: <http://www.mittelstand-digital.de/MD/Redaktion/DE/PDF/cloud-computing>

HEPE, Christina. *BMW Group setzt Arbeitshandschuh ProGlove mit integriertem Barcode-Scanner des Start-Ups Workaround GmbH in ausgewählten Werken ein.* [online]. 07. listopadu 2016 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0265709DE/bmw-group-setzt-arbeitshandschuh-proglove-mit-integriertem-barcode-scanner-des-start-ups-workaround-gmbh-in-ausgewaehlten-werken-ein?language=de>

HERKOMMER, Günter. *Mensch-Roboter-Kooperation: Wie BMW seine Mitarbeiter ergonomisch entlastet* [online]. 07. dubna 2017 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://www.computer-automation.de/feldebene/robotik/artikel/140566/>

HERZOG, Otthein a KOL. *AUF DEM WEG ZU INDUSTRIE 4.0: ERFOLGSFAKTOR REFERENZARCHITEKTUR* [online]. 2015. 2015 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: [https://www.its-owl.de/fileadmin/PDF/Informationsmaterialien/2015-Auf\\_dem\\_Weg\\_zu\\_Industrie\\_4.0\\_Erfolgsfaktor\\_Referenzarchitektur.pdf](https://www.its-owl.de/fileadmin/PDF/Informationsmaterialien/2015-Auf_dem_Weg_zu_Industrie_4.0_Erfolgsfaktor_Referenzarchitektur.pdf)

HILLER, Birgit. *Autonom in der Produktionslogistik: Fahrerlose Routenzüge erreichen nächste Entwicklungsstufe* [online]. 28. března 2018 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0279560DE/autonom-in-der-produktionslogistik:-fahrerlose-routenzuege-erreichen-naechste-entwicklungsstufe?language=de>

HOFFMANN, Alexander. [online]. 01. dubna 2014 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.cancom.info/2014/07/beruhrungslose-qualitatskontrolle/>

Ifr. *France outperforms Britain as robots transform car industry* [online]. 16. května 2017 [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/france-outperforms-britain-as-robots-transform-car-industry>

Industrie. *Klarheit bei den digitalen Möglichkeiten* [online]. 22. prosinec 2017 [cit. 2017-12-23]. Dostupné z: <https://industrie.de/top-list/4922/>

Industrie Anzeiger. *Handgeführter Roboter übernimmt Knochenjob in der Gießerei* [online]. 08. června 2015 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://industrieanzeiger.industrie.de/themen/robotik/werker-in-fuehrungsposition/>

JÄKEL A KOL. *R1.3: IoT - T - Projektglossar: Einheitliche Definitionen für das Projekt* [online]. 30. června 2017 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: [http://www.iiot-t.de/wp-content/uploads/sites/11/2017/07/IoT-T\\_R1.3.pdf](http://www.iiot-t.de/wp-content/uploads/sites/11/2017/07/IoT-T_R1.3.pdf)

KAGERMANN, Henning a Wolf-Dieter LUKAS. *Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution* [online]. 1. dubna 2011 [cit. 2017-11-20]. Dostupné z: <http://www.vdi-nachrichten.com/Technik-Gesellschaft/Industrie-40-Mit-Internet-Dinge-Weg-4-industriell>



KEGELMANN TECHNIK. *Ersatzteile aus dem 3D-Drucker: Professionelles Obsoleszenzmanagement* [online]. 24. srpna 2017 [cit. 2018-01-13]. Dostupné z: <http://www.ktechnik.de/ersatzteile-aus-dem-3d-drucker-professionelles-obsoleszenzmanagement/>

KNOBEL, Markus. *Ein Paradigmenwechsel steht an – digitalisierung in der Supply chain* [online]. 2017. [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: [https://www.unity.de/fileadmin/Insights/Artikel/MwdS\\_2017\\_Digitalisierung\\_Supply\\_Chain\\_Dt.pdf](https://www.unity.de/fileadmin/Insights/Artikel/MwdS_2017_Digitalisierung_Supply_Chain_Dt.pdf)

KÖGEL, Günter. *Neue 3D-Druck-Anwendungen brauchen neue Werkstoffe* [online]. 01. prosince 2017 [cit. 2018-04-30]. Dostupné z: <https://www.k-zeitung.de/neue-3d-druck-anwendungen-brauchen-neue-werkstoffe/150/4368/105598/>

KROEHLING, Ulrike. *Mensch-Roboter-Kollaboration sorgt für ergonomische Arbeitsbedingungen* [online]. 12. dubna 2017 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.all-electronics.de/mensch-roboter-kollaboration-sorgt-fuer-ergonomische-arbeitsbedingungen-bei-bmw/>

KROKER, Michael. Big Data vervierfacht Datenvolumen auf 40.000 Exabyte bis 2020 – Nachfrage nach Data-Science. *Wiwo.de* [online]. 04. července 2016 [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: <http://blog.wiwo.de/look-at-it/2016/07/04/big-data-vervierfacht-datenvolumen-auf-40-000-exabyte-bis-2020-nachfrage-nach-data-science/>

KÜHLING, Sven. *Tödlicher Roboter-Unfall bei VW: 29-Jähriger angeklagt* [online]. 20. června 2017 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.hna.de/kassel/kreis-kassel/baunatal-ort312516/toedlicher-roboter-unfall-bei-vw-kassel-in-baunatal-vor-gericht-8413531.html>

Kuka. *Gemeinsam schraubt es sich schneller: KUKA flexFELLOW unterstützt bei Triebatzvormontage* [online]. 10. října 2016 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/de-de/presse/news/2016/10/vw-setzt-auf-mensch-roboter-kollaboration>

Kuka. *KR 210 R3100 F säubert Gusskokillen bei BMW* [online]. Červenec 2016 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/de-de/branchen/loesungsdatenbank/2016/07/solution-robotics-bmw>

LEWALTER, Udo. *DSCO: Konzern-Allianz gegen Cyber-Kriminalität* [online]. 19. května 2017 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.computerbild.de/artikel/cb-News-Internet-DSCO-Konzern-Allianz-Cyber-Kriminalitaet-18123157.html>

LEWINSKI, Franziska von. *Wie die Autoindustrie von Augmented Reality profitiert* [online]. 09. března 2017 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <https://www.internetworld.de/technik/expert-insights/autoindustrie-augmented-reality-profitiert-1195591.html>

LOHMANN, Simon. *Smart Data Analytics in der Automobilbranche* [online]. 11. září 2017 [cit. 2018-04-28]. Dostupné z: <https://www.cio.de/a/bmw-optimierte-seine-produktion-im-werk-regensburg,3562332>

Materialfluss. Die Ressourcen im Blick. *Das Magazin für Intralogistik* [online]. 25. května 2013 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.materialfluss.de/flurforderzeuge/die-ressourcen-im-blick/>

MENN, Andreas. Roboter: Befreite Maschinen. *Wiwo.de* [online]. 09. května 2014 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.wiwo.de/technologie/smarthome/roboter-befreite-maschinen/9829546.html>

MOSLER, Andreas. *Integrierte Unternehmensplanung, Anforderungen, Lösungen und Echtzeitsimulation im Rahmen von Industrie 4.0*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2017. ISBN 978-3-658-08751-7.

Motorzeitung. *VW testet Smart Watch in der Logistik* [online]. 28. února 2016 [cit. 2018-04-01]. Dostupné z: <http://motorzeitung.de/news.php?newsid=339810>

NAGEL, Pascal. *Industrie 4.0: BMW testet Google Glass* [online]. 18. listopadu 2014 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <http://www.automotiveit.eu/industrie-4-0-bmw-testet-google-glass/news/id-0048187>

Ndr. *Die Volkswagen-Standorte in Deutschland* [online]. 27. září 2011 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <https://www.ndr.de/nachrichten/Die-Volkswagen-Standorte-in-Deutschland,vwstandorte101.html>

Neuron Soundware. *Dobry den, Hannover Messe! Neuron soundware detects machine problems using sound* [online]. 18. března 2018 [cit. 2018-03-20]. Dostupné z: <https://www.neuronsw.com/dobry-den-hannover-messe-neuron-soundware-detects-machine-problems-using-sound/>

N.N. *Automobilindustrie setzt auf die Digitale Fabrik* [online]. 2015 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.klartext-pr.de/fileadmin/Referenzen/tecnomatix/artikel/AutomobilindustriesetzttaufdieDigitaleFabrik.pdf>

NÖLTE, Ariane. *Volkswagen testet Einsatz von Smart Watches, RFID-Armbändern und Tablets* [online]. 24. února 2016 [cit. 2018-04-04]. Dostupné z: <https://www.logistik-watchblog.de/unternehmen/546-volkswagen-smart-watches-rfid-armbaendern-tablets.html>

NÖRDINGER, Susanne. *Mensch-Roboter-Kollaboration* [online]. 11. března 2017 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <https://www.produktion.de/video/cobot-von-universal-robots-arbeitet-in-der-bmw-montage-208.html>

NÖRDINGER, Susanne. *Darum schont Mensch-Roboter-Kollaboration die Werker* [online]. 17. července 2017 [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: [https://www.produktion.de/trends-innovationen/mrk\\_ergonomie-230.html](https://www.produktion.de/trends-innovationen/mrk_ergonomie-230.html)

Oica. *WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION OICA correspondents survey*. 2016. Dostupné také z: <http://www.oica.net/wp-content/uploads//ranking2015.pdf>

Oica. *2016 PRODUCTION STATISTICS*. 2017. Dostupné také z: <http://www.oica.net/category/production-statistics/2016-statistics/>

Oica. *WORLD MOTOR VEHICLE PRODUCTION OICA correspondents survey*. 2017. Dostupné také z: <http://www.oica.net/wp-content/uploads/World-Ranking-of-Manufacturers.pdf>

PEITSMEIER, Henning. FRANKFURTER ALLGEMEINE. *Internetkriminalität: Cyberattacken – so riskant, dass sie nicht versicherbar sind?* [online]. 14. července 2017. [cit. 2018-02-22]. Dostupné z: <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/unternehmen/nach-wanna-cry-versicherungen-gegen-cyberkriminalitaet-15105015.html>

PERRY, Joanne. *Smarter and safer* [online]. 03. července 2017 [cit. 2018-04-20]. Dostupné z: <https://automotivemanufacturingsolutions.com/technology/smarter-and-safer>

PETER, Oliver. *Die BMW Group setzt auf innovative Automatisierung und flexible Assistenzsysteme in der Produktion* [online]. 02. března 2017 [cit. 2018-05-02]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/switzerland/article/detail/T0268233DE/die-bmw-group-setzt-auf-innovative-automatisierung-und-flexible-assistenzsysteme-in-der-produktion?language=de>

PILGRIM, Katharine. *KUKA bringt Schwung in die Triebsatzvormontage* [online]. 05. prosince 2016 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://zukunft-technik.de/kuka-bringt-schwung-in-die-triebsatzvormontage/>

Robotik-Produktion. *Komplettsystem für die Automatisierung manueller Schraubprozesse* [online]. 13. ledna 2017 [cit. 2018-03-05]. Dostupné z: <https://www.robotik-produktion.de/robotik-und-produktion-newsletter-08-2016/komplettsystem-fuer-die-automatisierung-manueller-schraubprozesse/>

RÖHR, Holger. *Universal Robots zeichnet erfolgreichste Vertriebspartner aus* [online]. 10. únor 2014 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://automationspraxis.industrie.de/news/universal-robots-zeichnet-erfolgreichste-vertriebspartner-aus/>

SCHÄFER, Philip a Gerrit MEIXNER. *Virtuelle Realität für die Industrie: Anwendungsfälle und Stand der Technik* [online]. 24. srpna 2017 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <http://www.elektroniknet.de/elektronik/optoelektronik/anwendungsfaelle-und-stand-der-technik-144681.html>

SCHILLMOELLER, Sandra. *Neue Perspektiven in der Produktion: BMW Group nutzt Chancen der Digitalisierung zur Weiterentwicklung des*

Produktionsnetzwerks [online]. 11. srpna 2015 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0229627DE/neueperspektiven-in-der-produktion:-bmw-group-nutzt-chancen-der-digitalisierung-zur-weiterentwicklung-des-produktionsnetzwerks?language=de>

SCHILLMOELLER, Sandra. *BMW Group setzt auf selbstfahrende Roboter in der Versorgungslogistik* [online]. 03. března 2016 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0257786DE/bmw-group-setzt-auf-selbstfahrende-roboter-in-der-versorgungslogistik?language=de>

SCHILLMOELLER, Sandra. *Die BMW Group setzt auf innovative Automatisierung und flexible Assistenzsysteme in der Produktion.* [online]. 02. března 2017 [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://www.press.bmwgroup.com/deutschland/article/detail/T0268199DE/die-bmw-group-setzt-auf-innovative-automatisierung-und-flexible-assistenzsysteme-in-der-produktion?language=de>

SCHMIDT, Josephine a Ulrike KROEHLING. *Zusammenarbeit von Mensch und Roboter bei BMW MRK in der Linie* [online]. 04. červenec 2017 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.robotik-produktion.de/allgemein/mrk-in-der-linie/>

SCHMIDT, Josephin a Victoria SONNENBERG. *MRK Leichtbauroboter assistiert hängend am Galgen* [online]. 15. února 2017 [cit. 2018-04-23]. Dostupné z: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/leichtbauroboter-assistiert-haengend-am-galgen-a-582220/>

SCHOLZ, Gerd. *System unterstützt Werker: 40 Prozent höhere Produktivität durch Pick by Light* [online]. 28. února 2018 [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <https://www.automobilwoche.de/article/20180228/NACHRICHTEN/180229882/system-unterstuetzt-werker--prozent-hoehere-produktivitaet-durch-pick-by-light>

SCHOLZ, Gerd. *Start-up-Erfindung: Bei BMW wird der Handscanner zum Scanner-Handschuh* [online]. 09. listopadu 2016 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.automobilwoche.de/article/20161109/NACHRICHTEN/161109929/start-up-erfindung-bei-bmw-wird-der-handscanner-zum-scanner-handschuh>

SCHREIER, Jürgen. *Universal Robots Bei VW arbeiten Mensch und Roboter im Team zusammen* [online]. 30. srpna 2013 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.maschinenmarkt.vogel.de/bei-vw-arbeiten-mensch-und-roboter-im-team-zusammen-a-416365/>

SCHUCHARDT, Anja. *Ein Handschuh mit Köpfchen* [online]. 21. dubna 2017 [cit. 2018-05-01]. Dostupné z: <https://www.bayernkurier.de/wirtschaft/24170-ein-handschuh-mit-koepfchen/>

SIMON, Walter. *Tektonische Verschiebungen in der Arbeitswelt Industrie 4.0 - Fertigung fusioniert mit IT* [online]. 2013 [cit. 2018-01-20]. Dostupné z: <https://www.computerwoche.de/a/industrie-4-0-fertigung-fusioniert-mit-it,2544586>

SOMMER, Roland. *Industrie 4.0: Was wir von Deutschland (nicht) lernen können!* [online]. 25. července 2016 [cit. 2017-11-27]. Dostupné z: <https://factorynet.at/a/industrie-4-0-was-wir-von-deutschland-nicht-lernen-koennen>

SPERB, Marianne. *Künstliche Intelligenz* [online]. 30. května 2017 [cit. 2018-04-26]. Dostupné z: <https://stories.mittelbayerische.de/kuenstliche-intelligenz/mit-kumpel-roboter-am-band>

SPINNARKE, Sabine. *Funktechnologie* [online]. 28. února 2018 [cit. 2018-04-14]. Dostupné z: <https://www.produktion.de/trends-innovationen/vw-setzt-im-prototypenbau-auf-rfid-236.html>

Statista. *Arbeitslosenzahl in Deutschland im Jahresdurchschnitt von 1991 bis 2017 (in Millionen)*. 2017. Dostupné také z: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1223/umfrage/arbeitslosenzahl-in-deutschland-jahresdurchschnittswerte/>

Statista. *Bruttoinlandsprodukt (BIP) in Deutschland von 1991 bis 2016 (in Milliarden Euro)*. 2017. Dostupné také z: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1251/umfrage/entwicklung-des-bruttoinlandsprodukts-seit-dem-jahr-1991/>

Statista. *Arbeitskosten pro Stunde in der Automobilindustrie ausgewählter Länder Europas in den Jahren 2005 und 2013 (in Euro)*. 2017. Dostupné také z: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/318344/umfrage/arbeitskosten-in-der-automobilindustrie-europa/>

Statista. *Arbeitslosenquote in Deutschland im Jahresdurchschnitt von 1996 bis 2018*. 2018. Dostupné také z: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/1224/umfrage/arbeitslosenquote-in-deutschland-seit-1995/>

Statista. *Automobilhersteller mit den größten Forschungsbudgets weltweit im Jahr 2017 (in Milliarden US-Dollar)*. 2017. Dostupné také z: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/214525/umfrage/autohersteller-mit-dem-weltweit-groessten-forschungsbudgets/>

Statista. *Marktanteile der größten Automarken in Deutschland im November 2017 gemessen an der Anzahl der Pkw-Neuzulassungen*. 2017. Dostupné také z: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/235380/umfrage/monatliche-marktanteile-der-automarken-in-deutschland/>

Statista. *Statistiken zur Automobilzulieferindustrie*. 2017. Dostupné také z: <https://de.statista.com/themen/1953/automobilzulieferindustrie/>

Statista. *Umsatzstärkste Automobilhersteller und Zulieferer weltweit im Jahr 2016 (in Milliarden US-Dollar)*. 2017. Dostupné také z: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/30723/umfrage/umsatz-der-weltweit-fuehrenden-automobilhersteller/>

Statistisches Bundesamt. *Automobilindustrie: 407 Milliarden Euro Umsatz im Jahr 2016* [online]. DESTATIS. 27. července. 2017 [cit. 2017-11-25]. Dostupné z:

<https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/ImFokus/IndustrieVerarbeitendesGewerbe/AutomobilindustrieWirtschaftDeutschlandKartell.html>

STRICKER, Klaus, Rasmus WEGENER a Markus ANDING. *Big Data revolutioniert die Automobilindustrie* [online]. 2014. [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [http://www.bain.de/Images/Bain-Studie\\_Big%20Data%20revolutioniert%20die%20Automobilindustrie\\_FINAL\\_ES.pdf](http://www.bain.de/Images/Bain-Studie_Big%20Data%20revolutioniert%20die%20Automobilindustrie_FINAL_ES.pdf)

TAUBER, Andre. [online]. 21. února 2014 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.welt.de/wirtschaft/article125058412/BMW-plant-sich-selbst-abstimmende-Maschinen.html>

T3n Magazin. *Augmented Reality: Volkswagen setzt Datenbrillen im Wolfsburger Stammwerk ein* [online]. 29. března 2017 [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://t3n.de/news/volkswagen-datenbrillen-810089/>

UNGER, Angela. *Microsoft und Kuka präsentieren Roboter der Zukunft* [online]. 13. duben 2015 [cit. 2018-01-05]. Dostupné z: <https://www.ke-next.de/industrieforschung/industrie/microsoft-und-kuka-praesentieren-roboter-der-zukunft-110.html>

VAHRENKAMP, Richard. *Von Taylor zu Toyota: Rationalisierungsdebatten im 20. Jahrhundert*. Lohmar-Köln: JOSEF EUL VERLAG, 2010. ISBN 978-3-89936-983-0.

Virtual-reality-magazin. *Digitale Fabrik* [online]. 2018 [cit. 2018-02-08]. Dostupné z: <https://www.virtual-reality-magazin.de/themen/digitale-fabrik>

VOGEL, Lars. *Verknüpfung von mechanischen Prozessen mit elektronischen Daten führt zu mehr Effizienz: VR und AR als zuverlässige Helfer in der Industrie 4.0* [online]. 19. dubna 2017 [cit. 2018-02-03]. Dostupné z: <https://www.industry-of-things.de/vr-und-ar-als-zuverlaessige-helfer-in-der-industrie-40-a-600332/>

Volkswagen AG. *Gute Arbeit in der Fabrik 4.0* [online]. 14. dubna 2015 [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: [http://files.messe.de/299/media/02informationen fuer besucher/robotation academy\\_2/150414\\_future\\_tracks/sonstiges/VWAG\\_FutureTracks\\_Konferenz\\_April\\_2015.pdf](http://files.messe.de/299/media/02informationen fuer besucher/robotation academy_2/150414_future_tracks/sonstiges/VWAG_FutureTracks_Konferenz_April_2015.pdf)

VORREYER, Markus. *Weniger Arbeit: Zwischen Komfort und Perspektivlosigkeit* [online]. 22. ledna 2016 [cit. 2017-11-22]. Dostupné z: <https://detektor.fm/wirtschaft/arbeit-4-0-und-die-drohende-arbeitslosigkeit>.

VW AG. *Volkswagen Konzern setzt auf Virtual Reality Lösungen für interaktive Zusammenarbeit in Produktion & Logistik* [online]. 05. července 2017 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [https://www.volkswagenag.com/de/news/2017/07/volkswagen\\_group\\_is\\_backing\\_virtual\\_reality\\_solutions.html](https://www.volkswagenag.com/de/news/2017/07/volkswagen_group_is_backing_virtual_reality_solutions.html)

VW AG. *Fahrerloses Transport-System standardisiert: Best Practice im Rahmen des Modulare Produktionsbaukastens* [online]. Říjen 2012 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: [http://autogramm.volkswagen.de/10\\_12/volkswagenweg/volkswagenweg\\_03.html](http://autogramm.volkswagen.de/10_12/volkswagenweg/volkswagenweg_03.html)

VW AG. *Volkswagen baut Kompetenzen für Deep Learning aus* [online]. 27. června 2017 [cit. 2018-03-10]. Dostupné z: [https://www.volkswagen-media-services.com/detailpage/-/detail/Volkswagen-baut-Kompetenzen-fr-Deep-Learning-aus/view/5227890/7a5bbec13158edd433c6630f5ac445da?p\\_p\\_auth=JbaHpZi6](https://www.volkswagen-media-services.com/detailpage/-/detail/Volkswagen-baut-Kompetenzen-fr-Deep-Learning-aus/view/5227890/7a5bbec13158edd433c6630f5ac445da?p_p_auth=JbaHpZi6)

VW AG. *Volkswagen Konzern setzt auf Virtual Reality Lösungen für interaktive Zusammenarbeit in Produktion & Logistik* [online]. 05. července 2017 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [https://www.volkswagen-media-services.com/detailpage/-/detail/Volkswagen-Konzern-setzt-auf-Virtual-Reality-Lsungen-fr-interaktive-Zusammenarbeit-in-Produktion--Logistik/view/5269658/15e8a176f8e4e4f0fb0453b0e230d439?p\\_p\\_auth=HEIirS4Q](https://www.volkswagen-media-services.com/detailpage/-/detail/Volkswagen-Konzern-setzt-auf-Virtual-Reality-Lsungen-fr-interaktive-Zusammenarbeit-in-Produktion--Logistik/view/5269658/15e8a176f8e4e4f0fb0453b0e230d439?p_p_auth=HEIirS4Q)

VW AG. *Eilige Drucksache* [online]. [cit. 2018-03-21]. Dostupné z: <https://www.volkswagenag.com/de/news/stories/2017/10/rush-printing-jobs.html#>

VW AG. *Volkswagen setzt auf RFID-Technologie* [online]. 06. ledna 2017 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: [https://www.volkswagen-media-services.com/detailpage/-/detail/Volkswagen-setzt-auf-RFID-Technologie/view/4432894/1b0e9890b087e148586642f431db956?p\\_p\\_auth=MupJa79C](https://www.volkswagen-media-services.com/detailpage/-/detail/Volkswagen-setzt-auf-RFID-Technologie/view/4432894/1b0e9890b087e148586642f431db956?p_p_auth=MupJa79C)

Waz-online. *VW rüstet den Standort Emden mit neuen Technologien auf* [online]. 28. června 2017 [cit. 2018-03-24]. Dostupné z: <http://www.waz-online.de/Wolfsburg/Volkswagen/VW-ruestet-den-Standort-Emden-mit-neuen-Technologien-auf>

WEINZIERL, Stefan. *Automatisierung ohne Schutzzäune: VW lässt die Roboter frei* [online]. 15. února 2018 [cit. 2018-03-08]. Dostupné z: <https://www.produktion.de/technik/automatisierung/automatisierung-ohne-schutzzaeune-vw-laesst-die-roboter-frei-116.html>

Welt. [online]. 09. září 2013 [cit. 2018-01-04]. Dostupné z: <https://www.welt.de/wirtschaft/article119835993/Hand-in-Hand-mit-Kollege-Roboter-am-Fliessband.html>

WHITSON, Justin. *Mobility as a Service is here: MaaS – disrupting how we travel today* [online]. 19. dubna 2017 [cit. 2018-01-10]. Dostupné z: [https://disruptionhub.com/mobility\\_service/](https://disruptionhub.com/mobility_service/)

WILLFURTH, Reinhold. *Arbeitstier mit eingebautem Navi* [online]. 25. února 2017 [cit. 2018-04-24]. Dostupné z: <https://www.mittelbayerische.de/region/schwandorf/gemeinden/wackersdorf/arbeitstier-mit-eingebautem-navi-21492-art1490928.html>

WOLF, Andreas. *VW Nutzfahrzeuge* [online]. 07. května 2015 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <https://www.eurotransport.de/news/vw-nutzfahrzeuge-neue-roboter-generation-in-der-montage-6636164.html>

ZEHRFELD, W. Axel. *Die Smart Factory der Zukunft: Wie die vierte Revolution die Prozesse in der Produktion verändert* [online]. 2013 [cit. 2018-01-29]. Dostupné z: [https://static6.rkw-kompetenzzentrum.de/fileadmin/media/publications/2013/Allgemein/RKW\\_Magazin/20131001-rkw-magazin.pdf](https://static6.rkw-kompetenzzentrum.de/fileadmin/media/publications/2013/Allgemein/RKW_Magazin/20131001-rkw-magazin.pdf)



## Seznam obrázků a tabulek

### Seznam obrázků

Obr. 1 Automobiloví výrobci a dodavatelé s největším obratem na světě v roce 2015 (v miliard US-dolarů).....	11
Obr. 2 Automobiloví výrobci s největším rozpočtem na výzkum v roce 2017 ....	12
Obr. 3 Tržní podíly největších automobilových značek v Německu .....	13
Obr. 4 Průmyslové revoluce.....	15
Obr. 5 Relevantní technologie Průmyslu 4.0 v automobilovém průmyslu .....	19
Obr. 6 Hustota robotů v automobilovém průmyslu ve vybraných zemích 2015 .	20
Obr. 7 Nasazení UR5 ve VW závodě Salzgitter.....	33
Obr. 8 Nasazení HRC poprvé v závodě VW ve Wolfsburg .....	34
Obr. 9 Průmyslový robot pracující za ochranným plotem.....	35
Obr. 10 Testování prototypu průmyslového robota – bez ochranného plotu .....	36
Obr. 11 VR aplikace pro výrobu a logistiku .....	39
Obr. 12 Používání Google Glass ve VW .....	40
Obr. 13 Roboty lehké konstrukce nanášejí lepidlo na přední okna BMW i3.....	45
Obr. 14 Robot ovládaný pomocí joysticku v závodě Landshut.....	47
Obr. 15 HRC v karosárně v závodě München .....	48
Obr. 16 STR přepravují komponenty v halách v závodě Wackersdorf.....	49
Obr. 17 Spolupráce průmyslového robota s člověkem .....	50
Obr. 18 Individuální ortéza vyrobená 3D tiskem .....	53
Obr. 19 Autonomní logistické vláčky zásobují montážní logistiku v závodě BMW Group Dingolfing.....	54
Obr. 20 Inteligentní rukavice ProGlove .....	56

## ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Katrin Sommerfeld		
STUDIJNÍ OBOR	6208T088 Podniková ekonomika a management provozu		
NÁZEV PRÁCE	Průmysl 4.0 a jeho vliv na automobilový průmysl v Německu		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. David Holman, Ph.D.		
KATEDRA	KLRK - Katedra logistiky a řízení kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2018
POČET STRAN	80		
POČET OBRÁZKŮ	20		
POČET TABULEK	1		
POČET PŘÍLOH	-		
STRUČNÝ POPIS	<p>Pojem „Průmysl 4.0“ má své kořeny v souvislosti s největší průmyslovou výstavou světa Hannover Messe, kde se v roce 2011 konala prezentace projektu s tímto názvem. Od této doby se pod tímto pojmem i v široké veřejnosti vede diskuze o digitalizaci a technickém pokroku v průmyslu. Tato práce se proto zabývá vlivem Průmyslu 4.0 na německý automobilový průmysl na příkladu automobilek VW a BMW. Popisuje a vyhodnocuje technologie Průmyslu 4.0, které tyto dvě automobilky VW a BMW již dnes využívají. Práce potvrzuje hypotézu, že přechod na Průmysl 4.0 je pro německý automobilový průmysl nezbytný k udržení konkurenceschopnosti.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Průmysl 4.0, Volkswagen, BMW, Německo		
PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne			

## ANNOTATION

<b>AUTHOR</b>	Katrin Sommerfeld		
<b>FIELD</b>	6208T088 Production Management and Global Business		
<b>THESIS TITLE</b>	Industry 4.0 and its impact on the automotive industry in Germany		
<b>SUPERVISOR</b>	Ing. David Holman, Ph.D.		
<b>DEPARTMENT</b>	KLRK - Department of Logistics and Quality Management	<b>YEAR</b>	2018
<b>NUMBER OF PAGES</b>	80		
<b>NUMBER OF PICTURES</b>	20		
<b>NUMBER OF TABLES</b>	1		
<b>NUMBER OF APPENDICES</b>	-		
<b>SUMMARY</b>	<p>The term "Industry 4.0" has its origin in connection with the largest industrial exhibition in the world of Hannover Messe where a presentation of a project with this name took place in 2011. Since then, under this concept, there were public discussing on digitization and technological progress in industry. This thesis deals with the impact of Industry 4.0 on the German automotive industry, on the example of carmakers VW and BMW. It describes and evaluates the Industry 4.0 technology that these two carmakers VW and BMW already use today. The thesis confirms the hypothesis that the transition to Industry 4.0 is essential for the German automotive industry to maintain competitiveness.</p>		
<b>KEY WORDS</b>	Industry 4.0, Volkswagen, BMW, Germany		
<b>THESIS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No</b>			