



EVROPSKÁ UNIE
Evropské strukturální a investiční fondy
Operační program Výzkum, vývoj a vzdělávání



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

Aplikace moderních technologií v oblasti průmyslové automatizace

02 Koncept Průmysl 4.0

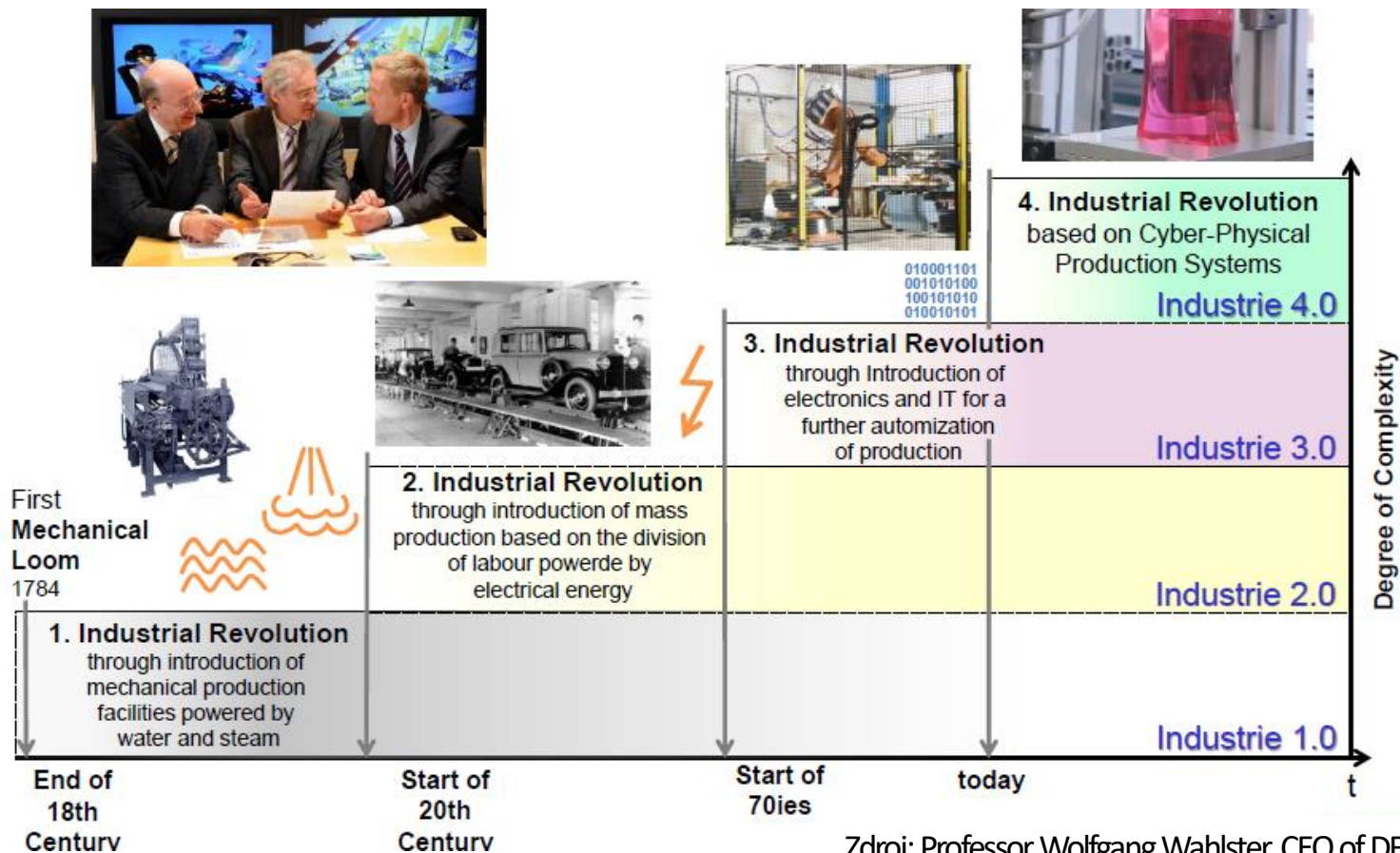
Doc. Ing. Jan Žídek, CSc.

Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství

Fakulta elektrotechniky a informatiky

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Vývoj průmyslu – vývojové etapy (revoluce)



Zdroj: Professor Wolfgang Wahlster, CEO of DFKI, Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization, Praha 2016

Průmysl 4.0 – co to je?

- **Pojem Průmysl 4.0 (Industrie 4.0) se poprvé objevil ve spojitosti s veletrhem v Hannoveru v roce 2011**
- **V říjnu roku 2012 vydala spolková vláda v Německu první variantu doporučení k realizaci zásad Industrie 4.0 v průmyslu – zpracovala pracovní skupina pod vedením Siegfrieda Daise (Robert Bosch GmbH) a Henninga Kagermanna (acatech)**
- **V dubnu 2013 je spolkovou vládou vydáno definitivní znění dokumentu „Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0“**
- **K německé iniciativě Industrie 4.0 se postupně přidávají další a další země a obecněji se hovoří o čtvrté průmyslové revoluci**

Otcové pojmu Průmysl 4.0

Pánové Wolfgang Wahlster, Henning Kagermann a Wolf Dieter Lukas uvádějí poprvé pojem Industrie 4.0 na veletrhu v Hannoveru v roce 2011



- **Počet citací jejich projevu dle databáze GENIOS**

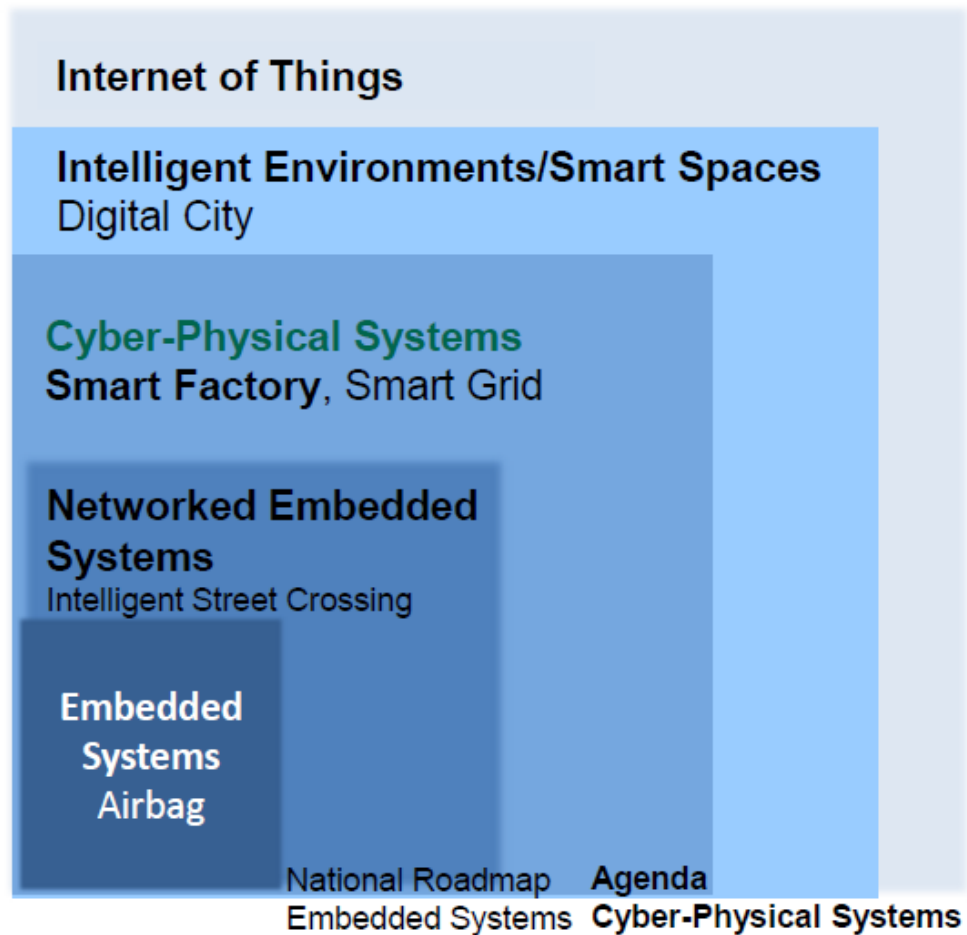
- **v roce 2012 více než 200 x, v roce 2013 skoro 1600 x, v roce 2015 12 588 x**
- **v roce 2017 vrací Google více než 11,2 mil. odkazů na dotaz Industry 4.0**
- **V roce 2018 vrací Google více než 21,9 mil. odkazů na dotaz Industry 4.0**

Zdroj: Professor Wolfgang Wahlster, CEO of DFKI, Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization, Praha 2016

Průmysl 4.0 v Německu



Evolution from
Embedded Systems
to Cyber-Physical
Systems



Zdroj: Professor Wolfgang Wahlster, CEO of DFKI, Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization, Praha 2016

Principy konceptu Průmysl 4.0

- **Interoperabilita** - schopnost kyber fyzických systémů (CPS) komunikovat mezi sebou prostřednictvím internetu věcí / internetu služeb
- **Virtualizace** – virtuální kopie smart factory propojující data ze senzorů s virtuálními a simulačními modely továrny
- **Decentralizace** - schopnost kyberfyzického systému jednat v rámci smart factory autonomně
- **Práce v reálném čase** – schopnost analyzovat v reálném čase získávaná data a zasahovat v reálném čase do výrobního procesu
- **Orientace na služby** – nabídka služeb CPS, obsluze, smart factory prostřednictvím internetu služeb
- **Modularita** - schopnost adaptace smart factory na změnu požadavků výměnou nebo rozšířením individuálních modulů

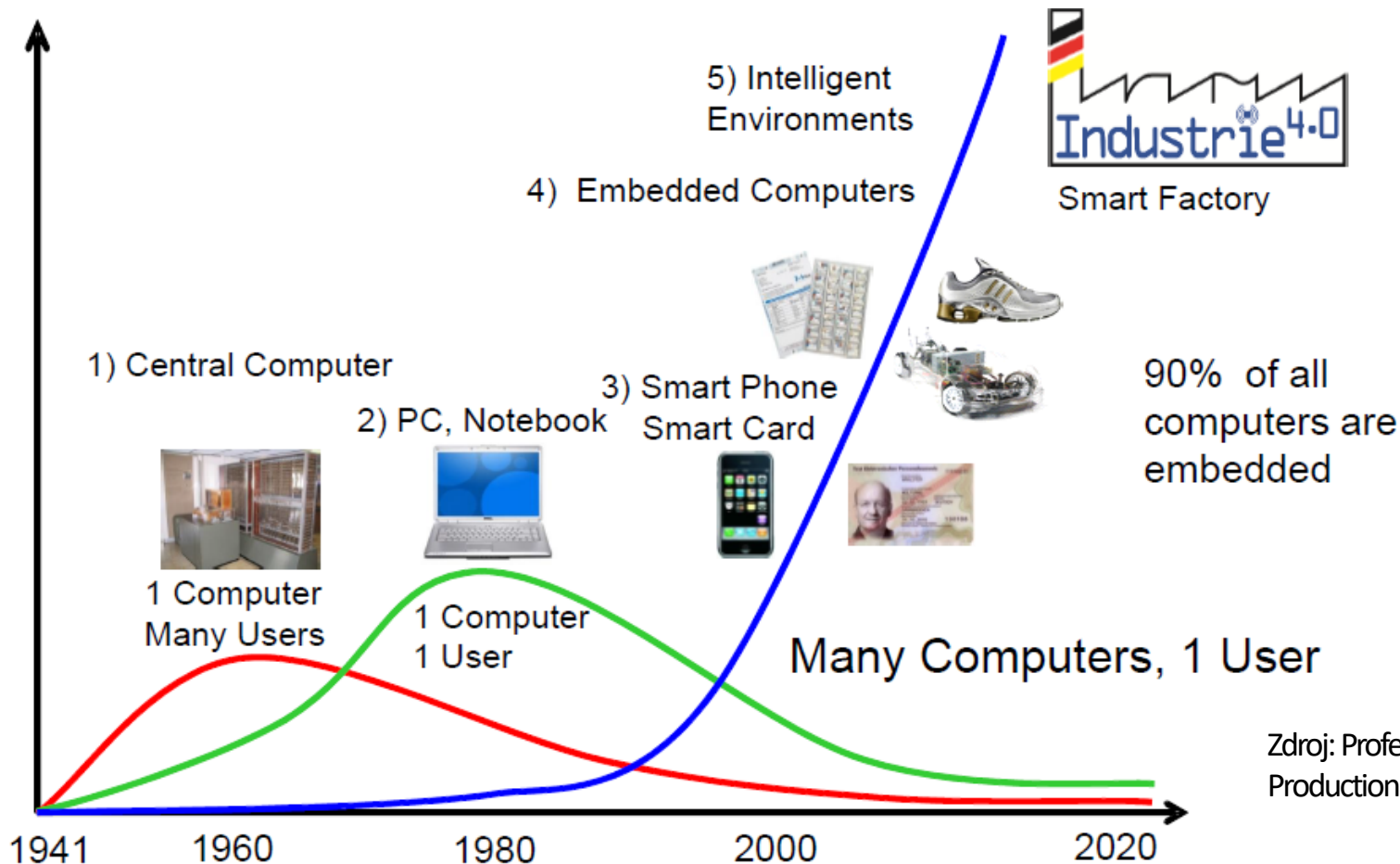
Charakteristika výrobních procesů dle konceptu Průmysl 4.0

- **Výrobní linka se přizpůsobuje individuálním požadavkům zákazníka v rámci hromadné výroby – to vyžaduje implementaci následujících principů do konstrukce výrobní linky:**
 - **Schopnost vlastní automatické optimalizace (self-optimization)**
 - **Schopnost vlastní automatické konfigurace (self-configuration)**
 - **Schopnost vlastní automatické diagnostiky stavu (self-diagnostics)**
 - **Schopnost učení se s využitím umělé inteligence (cognition)**
 - **Schopnost poskytovat obsluhu inteligentní podporu (intelligent support of workers)**
- **Mnohé z těchto schopností se opírají o digitalizaci – zpracování výsledků měření, simulace - vyvstává rostoucí potřeba informačních měřicích systémů**

Příklady aplikace principů Průmysl 4.0

- **Stroje se schopností predikce vlastní poruchy – na základě monitoringu provozních dat sledují trendy diagnostických veličin a plánují údržbu ve správný čas**
- **Logistika výrobního procesu schopná reagovat autonomně na neočekávané změny ve výrobním procesu přeplánováním**
- **Obecně narůstá role sběru dat, jejich analýzy, komunikace – narůstá podíl SW v řešení výrobní linky**
- **Průmysl 4.0 ale není jen automatizace a digitalizace částí výrobních procesů, jedná se o komplexní pojetí a posun v nasazení prostředků informačních a komunikačních technologií (ICT) do výrobního procesu – v rámci výrobní linky nebo firmy vzniká Internet věcí (Internet of Things)**

Mění se role IT mezi třetí a čtvrtou průmyslovou revolucí



Zdroj: Professor Wolfgang Wahlster, CEO of DFKI, Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization, Praha 2016

Narůstající role SW v koceptu Průmysl 4.0

today (Industrie 3.0):



Machine plus Software

ICT as Innovation Motor No. 1
and Advanced Manufacturing



Software plus Machine

tomorrow (Industrie 4.0):

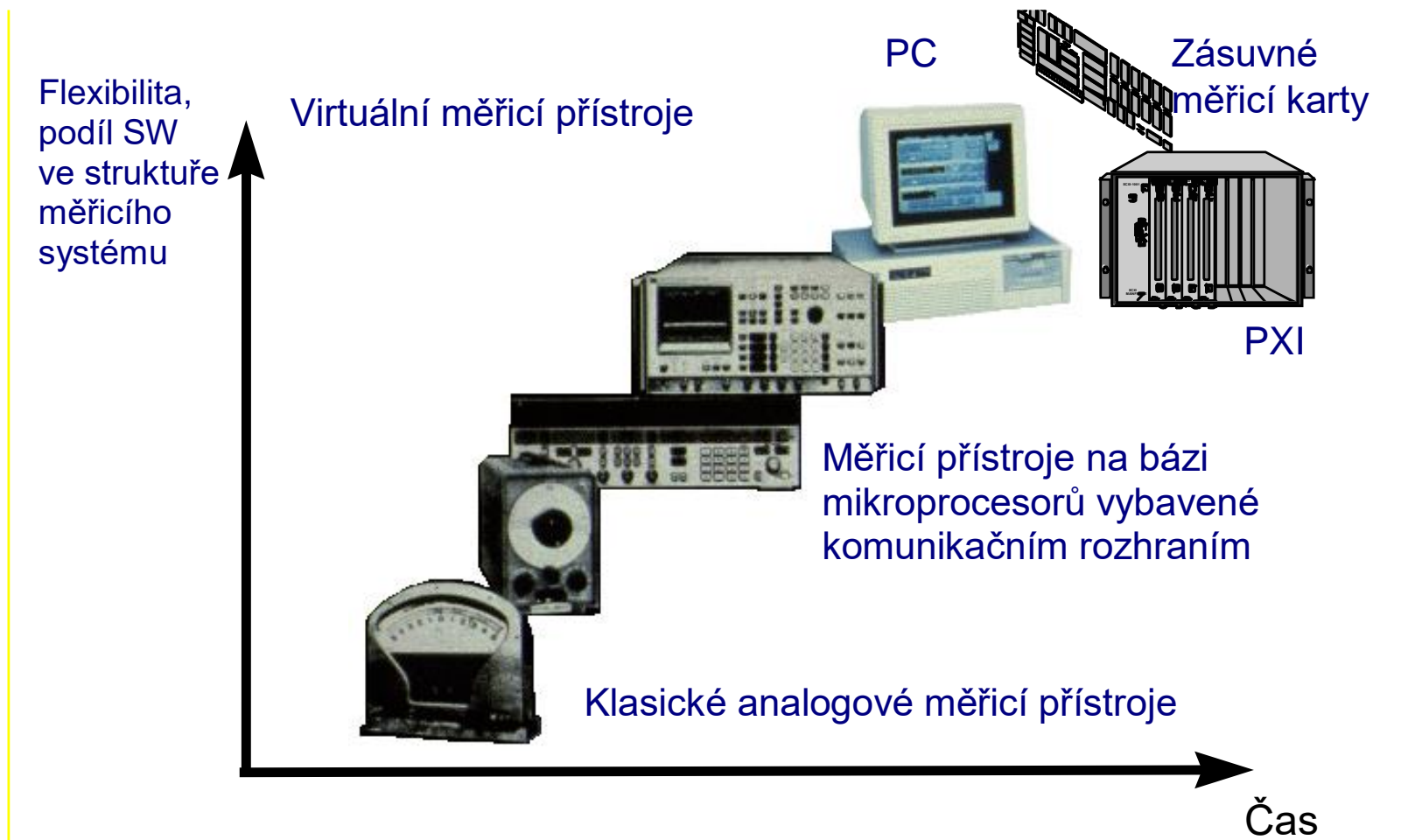


Zdroj: Professor Wolfgang Wahlster, CEO of DFKI, Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization, Praha 2016

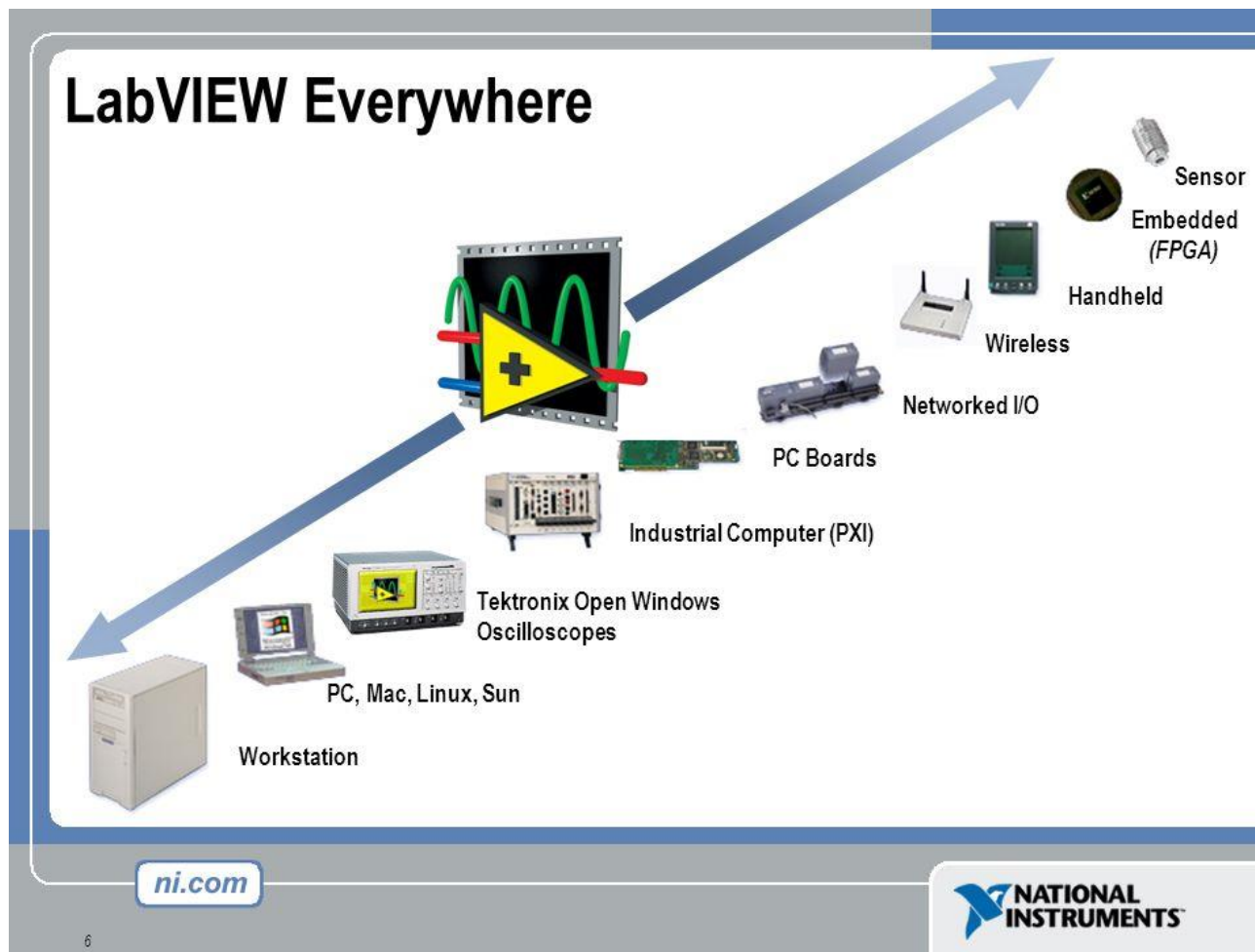
Analogie - narůstající role SW ve vývoji měřicí techniky

- **Virtuální instrumentace představuje plnohodnotné využití IKT - základem měřicího a monitorovacího systému je univerzální hardwarová platforma (PC, FPGA, ...), nositelem funkcionality je SW část systému**
- **Virtuální instrumentace v propojení s konceptem grafického programování představovala revoluční posun v možných funkcích měřicích systémů – flexibilita, modularita, konektivita**
- **Tato etapa vývoje měřicí techniky odstartovala v roce 1986, iniciátorem a hnacím motorem tohoto vývoje je firma National Instruments, dnes celosvětově rozšířený koncept**

Etapy vývoje měřicích systémů



Koncept univerzálního HW a proprietárního SW



6

Výhody virtuální instrumentace

- **Přechod od proprietárních obvodových řešení měřicích systémů s omezenou množinou funkcí k řešením na obecné HW platformě s těžištěm v SW části systému přináší např. tyto výhody:**
 - Do měřicích systémů lze SW implementovat funkce dříve obvodově nerealizovatelné
 - Lze snadno přizpůsobit funkčnost měřicího systému individuálním potřebám koncového uživatele
 - Těžiště základní funkce měřicího systému se odehrává v abstraktním matematickém modelu – sofistikované algoritmy zpracování digitalizovaných dat
 - Snadná integrace těchto systémů do IT infrastruktury výrobního podniku
- **Mnohé z těchto výhod jsou i součástí konceptu Průmyslu 4.0 – stejné principy se v konceptu Průmysl 4.0 aplikují v širším měřítku**

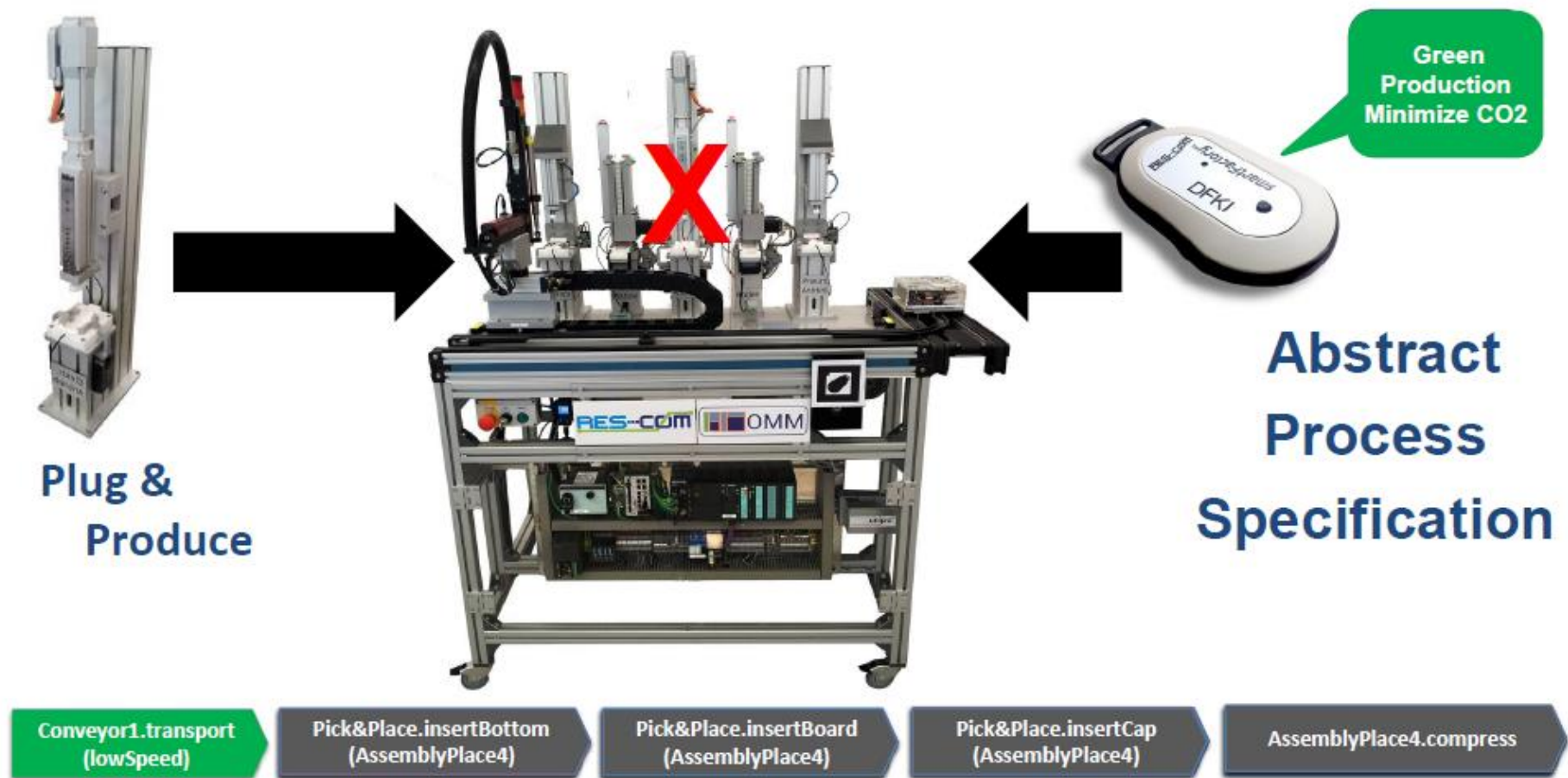
Změna organizace výrobních procesů

- **Výrobní procesy s centrální řízením se transformují na decentralizovaný model výrobního procesu sestavený z vzájemně komunikujících autonomních systémů**
- **Součástí výrobku je paměť obsahující informaci, která sděluje jednotlivým autonomním systémům, které operace vyžaduje tento konkrétní výrobek**
- **Ve smart factory se realizuje komunikace definovaného produktu a poskytovatelů smart služeb jednotlivých autonomních kyberfyzických systémů ve výrobním procesu**
- **Výrobek obsahující dynamickou paměť se schopností komunikovat prochází výrobním procesem jako informační kontejner,**
- **Informace v tomto kontejneru doprovází tento výrobek po celý jeho životní cyklus (projektování, výroba, údržba)**

Změna role výrobku ve výrobních procesech

- **Výrobek se mění v agenta ovlivňujícího své okolí**
- **Výrobek má schopnost monitorovat svůj stav a stav svého okolí a vstupovat do vzájemných interakcí**
- **Zárodek tohoto pojetí jsme si prakticky vyzkoušeli v návrhu desítek testerů postavených na bázi VI implementovaných do výrobních linek**
- **Testovaný výrobek se vkládal do kontejneru, který zprostředkoval vstup iniciačních signálů a výstup signálů odezvy**
- **Kontejner se vkládal přes standardizované rozhraní do testeru, který na základě identifikace výrobku individuálně přizpůsobil testovací sekvenci danému výrobku**

Dynamické plánování založené na kompozici služeb



Zdroj: Professor Wolfgang Wahlster, CEO of DFKI, Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization, Praha 2016

Inteligentní nosič výrobku – komplexní CPS

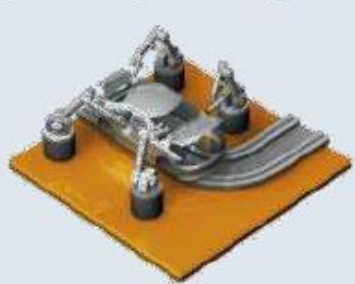


- Zajišťuje dopravu výrobku k potřebným službám v rámci výrobní linky a komunikaci s okolím

Zdroj: Professor Wolfgang Wahlster, CEO of DFKI, Industrie 4.0: Cyber-Physical Production Systems for Mass Customization, Praha 2016

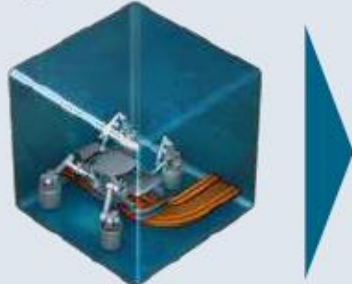
Obsah paměti ve výrobku

Cyber-Physical System (CPS)



Physical Production Component

+

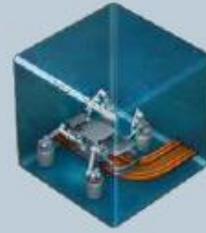
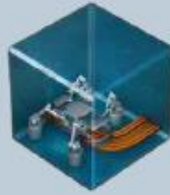


Active Semantic Product Memory as a Digital Model

Includes Information about ...

- Maintenance
- Context Conditions
- Security
- Location
- Status
- Embedded Components,
- Interfaces
- CO2 Footprint
- Materials
- Handling

The Semantic Product Memory Is Continuously Updated and Serves as a Lifelog of the History of an Individual Product



Product Design

Production Planning

Production Engineering

Production

Smart Services

- **Integrální součástí výrobku je paměť obsahující**
 - **Výrobní dokumentaci**
 - **Plán výroby**
 - **Výrobní postup**
 - **Testovací sekvenci**
 - **Postup údržby**
 - **Postup likvidace**
 - ...

Source: Siemens

Cesta k naplnění vizí konceptu Průmysl 4.0

- **Využití možností těchto technologií změnilo průmysl (zejména automobilový) za posledních pět let více než za posledních 50 let**
- **Nasazování těchto technologií do výrobního procesu je účinným prostředkem v konkurenčním boji zejména velkých firem**
- **Pro malé a střední firmy je to výzva vytvořit si nový model svých aktivit v souladu s principy Průmysl 4.0**
- **Některé principy a technologie malé a střední firmy již zavedly v rámci modernizace svých činností a technologií**
- **Pokračování v nasazování zbylých principů a technologií je cestou k výrobě zítřka (future factory, smart factory), která představuje komplexní nasazení co nejvíce z popsaných technologií a principů**
- **Je to nekonečný kontinuální proces – máme-li pocit, že jsme našli všechny odpovědi, mění se náhle otázky**

Smart factory – továrna budoucnosti - ideál

- **Je to čistý a bezpečný prostor, ve kterém spolupracuje člověk s roboty za plného využití všech dostupných dat z výrobních procesů s využitím umělé inteligence**
- **Lidé by zde měli být motivováni k využití všech možností moderních technologií**
- **Cílem je maximální efektivita výrobního procesu – snížení nákladů, zvýšení pružnosti výrobní infrastruktury a dosažení vyšší kvality**
- **Prostředkem k dosažení těchto cílů je plné využití možností moderních informačních a komunikačních technologií**

Cesta k továrně budoucnosti - roadmap

- Zvládnutí digitálních technologií, porozumění principům Průmysl 4.0
- Zmapování stupně zvládnutí a implementace klíčových technologií a procesů – test zralosti (Test of maturity)
- Transformace procesů a technologií nejlépe vlastními silami
- Klíčovou roli v transformaci by měl mít technický ředitel (CTO – Chief Technology Officer) a vedoucí informačních technologií (CIO Chief Information Officer)
- Transformace organizační struktury – předpoklad (nikoliv záruka) úspěchu
- Nasazení nových technologií a principů do pilotních projektů – zdroj zkušeností
- Validace výsledků a replikace dobrých řešení

Potřebné schopnosti zaměstnanců

- **Schopnost řešení komplexních problémů**
- **Schopnost kritického myšlení**
- **Kreativita**
- **Schopnost vést druhé (people management)**
- **Schopnost koordinace s druhými (coordination)**
- **Emocionální inteligence – schopnost empatie a seberegulace**
- **Schopnost rozhodnout se na základě faktů**
- **Schopnost využití dostupných služeb**
- **Schopnost vyjednávat**
- **Flexibilita a adaptibilita**

20 klíčových technologií pro Průmysl 4.0

- **Big Data a pokročilá analýza dat**
- **Smart senzory příští generace**
- **IoT Internet věcí**
- **Lokalizace komponentů výrobního procesu – RFID/RTLS**
- **Automaticky naváděná vozidla – AGV**
- **Moderní rozhraní člověk-stroj – HMI**
- **Moderní řídicí systémy – SCADA**
- **Systémy automatického řízení výroby – MES**
- **Počítačem řízený systém údržby – CMMS**
- **Aditivní výroba – 3D tisk**

20 klíčových technologií pro Průmysl 4.0

- **Rozšířená realita – AR**
- **Energeticky efektivní výroba**
- **Kolaborativní roboty**
- **Umělá inteligence**
- **Cloudové technologie**
- **Kybernetická bezpečnost**
- **Kolaborativní platformy**
- **Řízení celého životního cyklu produktu (PLM)**
- **Digitální dvojče**
- **Kyberfyzikální systémy**

01 Big data and advanced analytics

- **Sběr technologických dat je dnes ve výrobě standardem**
- **Přibývá zdrojů dat a schopnosti senzorů generovat obrovský objem dat – vysokorychlostní senzory, kamery, ...**
- **Novým problémem je schopnost vyhledat v těchto obrovských kolekcích dat užitečné informace**
- **Co charakterizuje velká data**
 - **Objem dat (množství volume)**
 - **Rozmanitost dat (variety)**
 - **Rychlost sběru dat (množství senzorů a vzorkovací rychlost - velocity)**
 - **Různý stupeň důvěryhodnosti dat (veracity)**
- **Pro analýzu takovýchto dat jsou zapotřebí pokročilé analytické metody**

01 Proces pokročilé analýzy velkých dat

- **Tento proces sestává z těchto fází**
 - **Sběr dat (capture) – senzory, přístroje**
 - **Transformace dat – synchronizace, předzpracování**
 - **Uložení dat – nové způsoby ukládání a manipulace, rychlejší než tradiční databáze**
 - **Analýza dat – hledání asociací, data mining, segmentace (clustering)**
 - **Prezentace dat – obvykle grafická**
- **Deskriptivní analytika – analýza historických dat**
- **Prediktivní analytika – předvídání toho, co se stane**
- **Preskriptivní analytika – hledání a seřazení důležitosti získaných informací**

01 Případové studie analýzy velkých dat

- **Google – autonomní vozidla (GPS, senzory, kamery, Internet,...)**
- **Amazon – předvídání potřeb zákazníků – nový logistický model – zásobení distribučních center**
- **Satelium – velká data v oblasti logistiky a spedice**
- **Mercedes-Benz – optická inspekce na výrobních linkách – predikce, identifikace vzorů, lepší kvalita povrchových úprav...**
- **Michelin – inteligentní pláště se zabudovanými senzory tlaku a teploty – zatím do pneumatik velkých pracovních strojů –alarmy při výskytu nadlimitních hodnot**

02 Senzory nové generace

- **Zlevnění technologie senzorů a jejich doplnění dalšími funkcemi vede k možnosti masového nasazení těchto senzorů do výrobního procesu**
- **Sběr dat z těchto senzorů umožňuje s využitím metod strojového učení a digitálního dvojčete analyzovat výrobní procesy a predikovat chování výrobního procesu**
- **Cílem je efektivita výroby a zvyšování kvality produkce**
- **Senzory jsou vybaveny schopností komunikace – s využitím průmyslových sběrnic nebo bezdrátových standardů**
- **Nové aplikace s využitím senzorů nové generace: sledovatelnost a lokalizace prvků výrobního procesu, monitoring biologických signálů, senzory síly pro kolaborativní roboty**

03 IoT – Internet of Things

- **Komunikační propojení všech prvků výrobního procesu**
- **Nutnost použití nových komunikačních protokolů (IPv6, 5G)**
- **Charakteristika datových přenosů v IoT: malé objemy přenášených dat, nízká spotřeba energie**
- **Charakteristika 5G: rychlost 20 Gbps, vyšší efektivita využití frekvenčního pásma umožňující propojení více uživatelů, snížení latence pod 1 ms, řádové snížení energetické náročnosti**

03 IoT – Internet of Things – případové studie

- **Vybavení dopravních značek pro aplikaci IoT umožní automatické snížení rychlosti projíždějících vozidel**
- **Kontrola používání správných pracovních a ochranných pomůcek ve výrobním procesu**
- **Monitoring dodržení správných podmínek (teplota, vlhkost, přetížení) při zasílání citlivého zboží – data odesílána do cloudu**

04 RFID tags/RTLS systems

- **RFID – Radio Frequency Identification – nálepky na díly, výrobky**
 - **Nálepka obsahuje anténu, pasivní získává energii pro vysílání z přijatého signálu vysílače, aktivní mají svůj zdroj energie – mohou vysílat nezávisle na výzvě vysílače**
 - **Není zapotřebí přímá viditelnost mezi vysílačem a nálepkou**
 - **Přenášejí malé objemy dat, nemohou být přeprogramovány**
 - **Umožňují sledovat pohyb označených dílů**
- **RTLS – Real Time Location System - umožňuje sledovat pohyb výrobků a lidí i uvnitř budov**
- **Využívají IR, WiFi, UWB nebo BLE (Bluetooth low energy) technologie**

04 RFID tags/RTLS systems – případové studie

- **Chytré klíče k automobilu (aktivní RFID) – identifikace přítomnosti klíče**
- **Bezpečnost osob v továrnách – např. náramky pracovníků údržby**
- **Identifikace pacientů v nemocnicích – správné podávání léků**
- **Chytré sklady a prodejny – bezdotyková identifikace dílů/zboží, expedice, inventury**
- **Bosch – ve spolupráci s CISCO a SAP – identifikace momentů pro utahování šroubů při výrobě a údržbě letadel**
- **Situm – RTLS ve spojení s chytrými telefony umožňuje lokalizaci lidí uvnitř budov**

05 AGV (Automatic Guided Vehicles) – autonomní vozidla

- **Nový směr vývoje uplatňovaný u manipulační techniky ve skladech a výrobních procesech, případně v silničním provozu**
- **Bezobslužná doprava dílů a zboží**
- **Možnost autonomního pohybu v prostředí nevhodném pro lidi (teplota, toxicita)**
- **Řídicí systém pro opakované trajektorie pohybu s interakcí s prostředím (identifikace překážek, adaptace na novou situaci)**
- **Vozidlo je vedeno buď trasou vytvořenou páskem na podlaze nebo majáky v prostoru, případně vybavené laserem**
- **Distribuce součástek ve výrobním procesu, léků a vzorků v nemocnicích, směřování zásilek v logistických centrech**

06 Moderní rozhraní člověk stroj (HMI)

- **HMI – Human Machine Interface – se mění a využívá moderních technologií**
- **Ustupují mechanické klávesnice a nahrazují je dotykové prvky**
 - **Kapacitní – nejsou citlivé na tlak**
 - **Rezistivní – využitelné i v rukavicích**
- **Využívá se generování kontextově vázané nabídky**
- **Jako HMI mohou sloužit i standardní přenosná zařízení typu tablet nebo mobilní telefon**
- **Lze využít i technologicky pokročilých metod ovládání hlasem nebo gesty**
- **Případová studie:**

http://www.profiklubelektrotechniku.cz/_files/upload/content/Eaton_tour_2017-Moderni-prvky-pro-ovladani-a-signalizaci.pdf

07 Moderní řídicí systémy SCADA

- **SCADA – Supervisory Control and Data Acquisition je koncept označující počítačový SW pro vzdálené řízení a dozorování průmyslových procesů**
- **Zpracovává v reálném čase signály ze senzorů a aktuátorů procesu a řídí proces automaticky**
- **Využívá se k supervizi procesu, řízení výroby, hlídání kvality, sběru dat apod.**
- **S průmyslovým procesem komunikuje buď prostřednictvím sběrnic, nebo moderněji s využitím bezdrátové komunikace**
- **Existuje řada vývojových prostředí využitelných pro realizaci těchto systémů SIMATIC, Reliance, Wonderware, LabVIEW, Promotic, ...**

08 Systémy automatického řízení výroby MES

- **MES Manufacturing Execution System – nadstavba k ERP (Enterprise Resource Planning) systémům**
- **ERP určuje co se bude vyrábět, MES plánuje využití zdrojů – lidé, materiál, procesy, služby, údržba ...**
- **MES vizualizuje výrobu v reálném čase monitoringem procesních dat a umožňuje optimalizaci využití dosažitelných zdrojů vyjádřenou jako maximalizaci OEE (Overall Equipment Effectiveness) minimalizací ztrátových časů**
- **Další informace:**
 - **MES Centrum, o.s., <http://mescentrum.cz>**
 - **Manufacturing Enterprise Solutions Association, <http://www.mesa.org>**
 - **International Society of Automation, <http://www.isa.org>**

09 Počítačem řízený systém údržby CMMS

- **CMMS - Computerized Maintenance Management System je SW, který plánování a řízení údržby ve výrobním procesu**
- **Cílem CMMS je postupný vývoj systému údržby:**
 - **Corrective maintenance – údržba při poruše**
 - **Preventive maintenance – preventivní údržba**
 - **Predictive maintenance – prediktivní údržba s ohledem na reálný stav technologie**
- **CMMS system se stará o skladování a objednávání náhradních dílů**
- **Cílem je dosažení minimalizace nákladů na údržbu, minimalizace prostojů v důsledku poruchy a prostojů potřebných pro údržbu technologie**
- **Příklady CMMS systémů: Prisma, LINX**
- **<https://www.sisteplant.com/en/solutions/innovative-technologies/smart-maintenance-prisma-cmms-gmao/> , <http://cmmslinx.com/>**

09 Počítačem řízený systém údržby CMMS

- **Příklady CMMS systémů:**

- Prisma

<https://www.sisteplant.com/en/solutions/innovative-technologies/smart-maintenance-prisma-cmms-gmao/>

- LINX

<http://cmmslinx.com/>

- **Více informací:**

<https://softwareconnect.com/cmms-software/> - přehled SW

<https://www.camcode.com/cmms-buying-guide.html?source=adwords&affiliate=google&campaign=cmms-buying-guide-cmms&medium=ppc&keyword=CMMS> - návod na nákup CMMS SW

10 Aditivní výroba 3D

- **Aditivní výroba je technologie odlišná od tradičního výrobního procesu, kde se zpravidla materiál ubírá nebo tvaruje**
- **S využitím 3D tisku se finální tvar výrobku „tiskne“ vrstva po vrstvě buď z plastu nebo z kovu**
- **Používají se různé technologie**
- **Umožňuje dosáhnout tvary těžko dosažitelné konvenčním obráběním**
- **Tiskárna je řízena počítačem 3D datovým modelem finálního výrobku**

11 Rozšířená realita

- **Rozšířená realita – AR (Augmented Reality)**
- **Zařízení zpravidla v podobě brýlí nebo helmy sdružuje signály z reálného světa snímané kamerou s virtuálními syntetickými daty obsahující informace v obraze neobsažené**
- **Liší se od virtuální reality, která vytváří iluzi 3D modelu scény z datového modelu.**
- **Rozšířená realita může ve snímané scéně obsahovat digitální informace z různých senzorů, návodné informace z technické dokumentace nebo návodů apod.**
- **Případová studie: head up displej v čelním skle automobilu nebo krycím skle motocyklové helmy**

11 Rozšířená realita

- **Rozšířená realita – AR (Augmented Reality)**
- **Systemy pro pracovníky údržby (zobrazuje do reálné scény trendy a limity diagnostických veličin, návody pro postup zásahu) v podobě brýlí schopných mimo jiné i kontrolovat správný postup akcí uživatele**
- **System MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance) firmy VW navádí automechanika při opravě automobilu**
- **Místo brýlí, head up displeje nebo helmy lze použít i tablet nebo mobilní telefon (hra Pokemon)**
- **Virtuální navádění nebo prohlídka v rámci technologických prostor nebo zařízení**
- **Vybírání položek ze skladu s využitím AR – zvyšuje rychlost a eliminuje chyby**

12 Energeticky efektivní výroba

- **Energeticky efektivní výroba – implementace managementu energií s cílem optimalizovat jejich spotřebu**
- **Vyhledává vzorce v měřených veličinách, sestavuje z nich referenční model a hlídá odchylky reálné spotřeby od tohoto referenčního modelu**
- **Navrhuje nápravná opatření, ideální při zapojení obnovitelných zdrojů energie s akumulací**
- **Možnost optimalizace nákladů využitím různé ceny energie v průběhu spotřeby**
- **Obsahuje možnost dálkového monitoringu a ovládání spotřebičů a zdrojů**

13 Kolaborativní roboty

- **Cobots – kolaborativní roboty**
- **Jsou konstruovány pro vzájemnou kooperaci s lidmi ve svém operačním prostoru**
- **Obsahují senzory zabraňující zranění při střetu s člověkem nebo poškození při střetu s překážkou**
- **V rámci Moravskoslezského inovačního centra existuje středisko kolaborativní robotiky s možností demonstrace a testování aplikací s těmito roboty (provozuje Moravskoslezský automobilový klastr)**
- **Případové studie/dodavatelé: FANUC, KUKA, Universal Robots**
- **Možnost využití kolaborativního robota jako exoskeletonu násobícího schopnosti člověka**

14 Umělá inteligence

- **Artificial Intelligence – AI – stroje dělají činnosti, které vyžadují inteligenci, kdyby je dělal člověk**
- **Zpravidla pro aplikaci metod umělé inteligence využíváme velkých dat získaných prostřednictvím Internetu věcí, v těchto kolekcích dat vyhledáváme vzorce chování a automatizují hledání výstupů z těchto dat prostřednictvím metod strojového učení (Data mining)**
- **Výsledkem je autonomní chování systému, které je podobné chování člověka (mnohdy rychlejší a dokonalejší)**
- **Existuje řada případových studií pro aplikace umělé inteligence**
- **Autonomní vozidla**
- **Optimalizace výsledné kvality produktu**
- **Další klíčová slova: deep learning, neural networks, ...**

15 Cloudové technologie

- **Je to způsob přístupu k hardwarovým a softwarovým prostředkům prostřednictvím Internetu**
- **Typická aplikace: ukládání dat do cloudu**
 - **Nemusím se starat o správu HW a SW**
 - **Data jsou přístupná odkudkoli**
 - **Má data spravuje někdo jiný**
- **Výhody:**
 - **Úspora investičních prostředků**
 - **Zabezpečení dat (zálohování)**
 - **Snadný přístup k datům**
 - **Problémy kompatibility HW a SW za mne řeší někdo jiný**
 - **Automatické updates**
 - **Přizpůsobení potřebám uživatele**

16 Kybernetická bezpečnost

- **Při masívním použití ICT ve výrobních procesech hraje klíčovou roli zabezpečení přenášených dat**
- **Každá organizace si musí v rámci zajištění kybernetické bezpečnosti**
 - **Zpracovat pravidla a procedury užívání IT**
 - **Definovat akce, které budou podniknuty v případě identifikace útoku**
 - **Vzdělávat lidi a zabezpečovat techniku v rámci zvyšování úrovně kybernetické bezpečnosti**

17 Kolaborativní platformy

- Kolaborativní platforma je virtuální pracoviště, ve kterém je zpravidla počítač přístupovým bodem ke všem službám, znalostem, informacím pro všechny zainteresované pracovníky
- Platforma umožňuje sdílení výsledků práce jednotlivců
- Je to ekosystém připomínající sociální síť sdružující všechny zainteresované a směřující ke zvyšování zainteresovanosti, motivace, inovačních schopností všech, kteří mají být zapojeni do transformace stávající úrovně výrobního procesu do podoby výrobního procesu podle principů 4.0
- Příklady kolaborativních platforem
 - Yammer <https://products.office.com/en-us/yammer/yammer-overview>
 - Trello <http://www.trello.com>
 - Producteev, SocialShared, Active Collab, ...

18 Řízení celého životního cyklu produktu (PLM)

- **Product Lifecycle Management – řízení celého životního cyklu produktu na jediné SW platformě**
- **Integruje stávající ostrůvky informačních systémů do jediné platformy**
- **Výhody**
 - **Redukce nákladů, konzistentnost dat**
 - **Zvýšení obchodních příležitostí**
 - **Eliminace bariér (geografických)**
 - **Akcelerace změn**
 - **Znovupoužití standardních modulů z předchozích projektů**
 - **Zpřesňuje a zprůhledňuje definici procesního modelu**

18 Řízení celého životního cyklu produktu (PLM)

- **Hlavní funkce PLM**
 - **Uchovává, organizuje a chrání data**
 - **Řídí dokumenty a sleduje jejich změny**
 - **Snazší vyhledávání informací**
 - **Sdílení dat a informací kontrolovaným způsobem**
 - **Podpora provádění procesů a pracovních postupů**
 - **Zpřístupnění dat a dokumentů**
- **Případové studie**
 - **Dassault – ENOVIA, SMARTEAM**
 - **SIEMENS – PLM Components**
 - **...**

19 Digitální dvojče

- **Digital Twin, CPE – Cyber-Physical Equivalence**
- **Pojem Digital Twin zavedla NASA jako výraz pro počítačovou duplikaci fyzických zařízení používanou pro různé účely**
- **Digitální dvojče používá výstupy senzorů z fyzického objektu pro prezentaci stavu tohoto objektu.**
- **Je to SW model, který odpovídá chování fyzického systému a umožňuje přinášet přidanou hodnotu**
- **Případové studie**
 - **SIEMENS vytvořil digitální dvojče pro britský tým v rámci America's Sailing Cup**
 - **Na FEI VŠB-TUO vzniká digitální dvojče budoucí smart factory**

20 Kyberfyzikální systémy

- **CPS – Cyber-physical System je multidisciplinární přístup, který reprezentuje spojení mnoha klíčových technologií popsaných na předchozích slajdech**
- **CPS integrují tři základní pilíře konceptu Průmysl 4.0**
 - **Horizontální integraci informačních systémů v dodavatelském řetězci**
 - **Digitální integrace inženýrských procesů**
 - **Vertikální integrace informačních systémů – od senzoru přes SCADA systém až k digitálnímu dvojčeti**
- **Případová studie**
 - **Smart grids – distribuční a přenosové systémy dodávky elektrické energie**
 - **Autopilot v letadle**
 - **Jaderná elektrárna – řídicí systém**

Zdroje informací

- **YÁÑEZ, Fran. The 20 Key Technologies of Industry 4. 0 and Smart Factories: The Road to the Digital Factory of the Future. 1. Galicie Španělsko: Independently published, 2017. ISBN 978-1973402107.**

Děkuji za pozornost

doc. Ing. Jan Žídek, csc.

+420 596 995 959

+420 602 296 824

Jan.zidek@vsb.cz

www.vsb.cz

Úkol k řešení

- **Vyhledejte na Internetu informace o nasazení některé klíčové technologie ve výrobním procesu – prezentujte jako case study**

Procvičení angličtiny

- **Na youtube.com vyhledejte vhodná videa**
- **Klíčová slova: Industry 4.0**
- **Doporučené video: Future Manufacturing 4.0: Toyota innovation, robotics, AI, Big Data. Futurist keynote speaker**

<https://www.youtube.com/watch?v=rt65167tZlQ>