

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Progresivní technologie a materiály (PTMBK)

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Metrologický certifikační systém podniku

Autor: **Kristýna ŽÁKOVÁ**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Martin Melichar, Ph.D.**

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní
Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Kristýna ŽÁKOVÁ**
Osobní číslo: **S21B0077K**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Progresivní technologie a materiály**
Téma práce: **Metrologický certifikační systém podniku**
Zadávací katedra: **Katedra technologie obrábění**

Zásady pro vypracování

1. Úvod
2. Teoretický popis problému
3. Řešení: Sestavení návrhu metrologického řádu podniku – zpracování směrnic a předpisů, pomocí nichž lze kompletně řídit nakládání s měřidly v podniku dle požadavků normy ISO 9001
4. Zhodnocení
5. Závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- Staněk J., Němejc J.: Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací ZČU, Plzeň, 2005.
- TICHÁ, Šárka. Strojírenská metrologie část 1. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2001.

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Martin Melichar, Ph.D.**
Katedra technologie obrábění

Konzultant bakalářské práce: **Isabelle Tricot**
Zippel GmbH

Datum zadání bakalářské práce: **15. října 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Jan Řehoř, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Žáková	Jméno Kristýna	
STUDIJNÍ PROGRAM	B0715A270013 Strojní inženýrství		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Melichar, Doc. Ing. Ph.D.	Jméno Martin	
PRACOVISŤE	ZČU - FST – KTO		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Metrologický certifikační systém podniku		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KTO	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	47	TEXTOVÁ ČÁST	47	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce se zabývá tvorbou metrologického řádu ve středním strojírenském podniku. Obsah teoretické části tvoří rozbor požadavků norem, poznatky k přesnosti výsledků měření a metodika sestavení metrologického řádu. Praktická část řeší zavedení nového metrologického řádu v podniku Zippel GmbH.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Podniková metrologie, evidence měřidel, kalibrace, metrologický řád, management kvality

SUMMARY OF BACHELOR SHEET

AUTHOR	Surname Žáková	Name Kristýna	
STUDY PROGRAMME	B0715A270013 Mechanical Engineering		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Melichar, Doc. Ing. Ph.D.	Name Martin	
INSTITUTION	ZČU - FST - KTO		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Metrology Regulations in an Industrial Company		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KTO	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	47	TEXT PART	47	GRAPHICAL PART	47
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor's thesis deals with the creation of metrological regulations in a medium-sized engineering company. The theoretical part consists of an analysis of the requirements of standards, determining the accuracy of measurement results and the methodology of compiling the metrological rules. The practical part deals with the introduction of a new metrological code in the company Zippel GmbH.
KEY WORDS	Industrial metrology, measuring instrument registry, calibration, metrology regulations, quality management,

Obsah

Seznam použitých pojmů, zkratek a překladů	9
Seznam obrázků	9
Seznam tabulek	9
1 Úvod	10
1.1 Popis problému	10
1.2 Profil společnosti Zippel GmbH	10
1.2.1 Poznatky o firmě vztahující se metrologickému řádu	11
1.3 Cíle práce	11
2 Teoretický popis problému	12
2.1 Rozbor právních předpisů a norem	12
2.1.1 Rozdíly v právní úpravě metrologie mezi ČR a SRN	12
2.1.2 Požadavky normy ISO 9001	14
2.2 Teorie měření	16
2.2.1 Metody měření	16
2.2.2 Chyby měření a jejich příčiny	17
2.2.2.1 Hrubé chyby	17
2.2.2.2 Systematické chyby	17
2.2.2.3 Náhodné chyby	18
2.2.3 Nakládání s chybami při zpracování výsledků měření	18
2.2.4 Vyloučení hrubé chyby ze souboru naměřených hodnot	18
2.2.5 Zohlednění systematických chyb	19
2.2.6 Nejistota měření	19
2.2.7 Vyjádření výsledku	21
2.3 Měřicí technika	21
2.3.1 Základní pojmy z měřicí techniky	21
2.3.2 Rozdělení měřicí techniky	22
2.4 Metrologie a řízení jakosti	25
2.4.1 Základní pojmy z jakosti	25
2.5 Plánování a řízení jakosti [12]	27
2.5.1 Jakost v předvýrobních etapách	27
2.5.2 Jakost v zásobování	27
2.5.3 Jakost ve výrobě	28
2.5.4 Jakost v podvýrobních etapách	29
2.5.5 Měřicí technika v životním cyklu produktu	29
2.5.6 Metodika sestavení metrologického řádu podniku [12]	31
3 Řešení	32
3.1 Inventura měřidel	32
3.1.1 Měřidla ve firmě	33
3.1.2 Dosavadní kalibrační pořádek podniku.	34
3.2 Rozbor metrologické situace v podniku	34

3.2.1	Rozbor požadované přesnosti procesů a výrobků	35
3.2.2	Rozbor potřeb pro kalibraci, popř. ověřování měřidel	35
3.2.3	Rozbor nároků na měřidla a kalibrační postupy z hlediska výrobního procesu	36
3.2.4	Rozbor potřeb z hlediska měřených veličin	39
3.3	Kroky vyplývající z výsledků inventury a rozboru metrologické situace	40
3.3.1	Návrh nového registru měřidel	40
3.3.2	Návrh metrologických procesů	41
3.3.3	Návrh podpůrných dokumentů	41
3.3.4	Pracovní a kalibrační postupy	43
3.3.4.1	Kalibrační postupy	43
3.3.4.2	Pracovní postupy	44
3.3.4.3	Předtisky	44
3.4	Metrologický řád podniku	45
4	Zhodnocení	54
4.1	Zhodnocení práce na metrologickém řádu	54
4.2	Zhodnocení výsledků změn	56
4.2.1	Inventura	56
4.2.2	Podpůrné dokumenty	57
4.2.3	Procesy	57
4.2.4	Povědomí zaměstnanců	57
4.2.5	Audit	57
5	Závěr	57
6	Citovaná literatura	59
PŘÍLOHA č. 1		Chyba! Záložka není definována.
PŘÍLOHA č. 2		Chyba! Záložka není definována.
PŘÍLOHA č. 3		Chyba! Záložka není definována.
PŘÍLOHA č. 4		Chyba! Záložka není definována.
PŘÍLOHA č. 5		Chyba! Záložka není definována.
PŘÍLOHA č. 6		Chyba! Záložka není definována.

Seznam použitých pojmů, zkratek a překladů

BGB = *Bundesgesetzbuch* = Sbírka spolkových zákonů

ČR = Česká republika

EG = *Einfuhrgenehmigung* = Povolení k dovozu

GmbH = *Gesellschaft mit beschränkter Haftung* = společnost s ručením omezeným

IATF = Norma pro jakost automobilového průmyslu

MessEG = *Mess- und Eichgesetz* = Zákon o měření a cejchování

PDCA = Plan – Do – Check - Act

QM = *Qualitätsmanagement* = *Quality management* = Management jakosti (kvality)

SMK = Systém managementu kvality (angl. Ekvivalent QMS = Quality management system)

SRN = Spolková republika Německo

TQM = Total quality management

Seznam obrázků

Obrázek 1 Vývoj zastoupení měřidel a měřících systému v čase	23
Obrázek 2 Spirála jakosti	25
Obrázek 3 Demingovy cykly v kontextu TQM.....	26
Obrázek 4 Měřící technika ve výrobě v malých a velkých cyklech.....	30
Obrázek 5 Proměny metod měření ve výrobě.....	31
Obrázek 6 Layout výroby.....	37
Obrázek 7 Ukázka nového registru	41

Seznam tabulek

Tabulka 1 Srovnání struktury úřadů v oblasti metrologie v ČR a SRN.....	13
Tabulka 2 Soustava jednotek SI.....	22
Tabulka 3 Rozdělení měřidel podle měřených jednotek.....	24
Tabulka 4 Formy kontroly kvality	29
Tabulka 5 Kategorizace a kalibrace měřidel	40
Tabulka 6 Přehled dokumentů k metrologii v podniku.....	42
Tabulka 7 Doporučené skladování měřidel.....	50

1 Úvod

Metrologický řád je dokument nebo soubor dokumentů, který popisuje, jak má být v rámci podniku nakládáno s měřidly, měřicími systémy a výsledky měření.

Stanovení správných postupů zajišťuje, že výsledky měření jsou spolehlivé, mají požadovanou přesnost a že měření jsou opakovatelná.

Správně prováděná a dokumentovaná měření jsou důležitá k dokazování shody výsledného produktu s požadavky. Kromě toho pomáhají v řízení kvality např. při optimalizaci parametrů produktu nebo při optimalizaci výroby.

1.1 Popis problému

Neúplný, neaktualizovaný nebo dokonce neexistující metrologický řád může vést k nestálým a nepřesným výsledkům měření a tím ke zkreslení představy o vlastních procesech a produktech. Dále může způsobit ztrátu přehledu o stavu a množství měřidel v podniku.

Ve společnosti Zippel GmbH, kde práce vznikala, byl neúplný a neaktuální metrologický řád opakovaně předmětem výtek při auditech systému ISO 9001.

Náplní této práce je vytvoření návrhu nového metrologického řádu firmy Zippel GmbH včetně zpracování směrnic a předpisů, pomocí nichž lze kompletně řídit nakládání s měřidly v podniku dle požadavků normy ISO 9001.

Základem pro vytvoření metrologického řádu jsou právní předpisy v oblasti metrologie, platné ve Spolkové republice Německo, zejména zákona o měření a cejchování (Mess- und Eichgesetz – MessEG) z 25. července 2013 (BGBl. I S. 2722, 2723) v platném znění, požadavky vyplývající z charakteru výrobního programu, organizace práce a způsobu řízení firmy a požadavky normy ISO 9001.

Účelem tohoto metrologického řádu a příloh je aktualizace a zefektivnění systému nakládání s měřidly v rámci firmy Zippel GmbH. Tento dokument si klade za cíl definovat povinnosti a zodpovědnosti jednotlivých oddělení a pověřených pracovníků při měření a nakládání s měřidly, dále stanovuje kritéria pro označování a kategorizaci měřidel, stanovení termínů kalibrace, posuzování jejich stavu a vyřazování.

1.2 Profil společnosti Zippel GmbH

[1] Firma Zippel byla založena v roce 1968 v bavorském Neutraublingu rodinou Zippelových. Na počátku firma vyráběla průmyslové myčky pro gastronomii na umývání sklenic. Zařízení pro gastronomii jsou stále v sortimentu firmy, ale ten se v průběhu její existence značně rozšířil.

Dnes je Zippel celosvětově mezi nejúspěšnějšími podniky nabízejícími komplexní řešení pro průmyslové stroje na čištění strojních částí. [2] Zákazníci firmy pochází z různých oblastí od automotive, přes výrobu ozubených kol a dalších strojírenských částí až po výrobce plastů, kosmetický průmysl, výrobce elektrotechniky a gastronomii.

Firma se specializuje na zakázkovou kusovou výrobu s malou mírou standardizace a vyrábí stroje od přenosných až po linky dlouhé desítky metrů. [3] Svým zákazníkům nabízí čištění výrobních dílů už od 2 mm různými postupy včetně např. pasivace povrchů.

Firma sídlí v Pommernstraße 29, D-93073 Neutraubling, zaměstnává okolo 150 zaměstnanců a dodává čisticí stroje a zařízení i celé linky do 40 zemí světa.

Od roku 2014 je firma certifikovaná dle ISO 9001.

Firma provádí všechny činnosti samostatně, od prodeje přes vývoj, výrobu až po servis.

Výroba zahrnuje obrábění, svařování i montáž. Většina dílů je vyráběna z nerezavějících

oceli. Firma je vybavena konvenčními obráběcími stroji (soustruhy, vrtačky, frézky, ohýbačka) a dvěma CNC obráběcími centry a CNC laserovým řezacím strojem.

1.2.1 Poznatky o firmě vztahující se metrologickému řádu

[3]Výrobní program firmy je velmi široký a míra standardizace velmi malá. V zájmu ochrany know-how a zajištění kvality a v neposlední řadě kvůli úspoře financí využívá firma outsourcingu minimálně a provádí většinu činností spojených s měřením a dokumentací interně.

Rozměry strojů jsou obvykle tolerovány dle normy ISO 2768 s přesností m nebo g, tedy střední nebo hrubou. Kontrola rozměrů je soustředěná především po obrábění, frézování a soustředění, v dalších fázích tvoří kontrola rozměrů jen malou část prováděných měření.

Vedle rozměrů se v rámci kontroly kvality a kontroly splnění požadavků dle norem provádí následující měření:

- měření hluku
- měření pH čistících chemikálií
- měření vodivosti čistících chemikálií
- měření na elektrických obvodech stroje
- měření povrchového napětí vyčištěných dílů
- měření teploty

Z toho vyplývá, že firma vlastní a nakládá s poměrně velkým množstvím různorodých měřidel. Žádné z měření nevyžaduje nezvykle vysokou přesnost nebo laboratorní prostředí, některá měření ovšem vyžadují poměrně složité a přesné postupy měření k zajištění spolehlivých výsledků měření.

Firma preferuje provádět kalibrace interně u všech měřidel, která to připouští a je to ekonomicky smysluplné.

1.3 Cíle práce

Cílem této práce je vytvoření metrologického řádu firmy Zippel GmbH, který bude sloužit k řízení metrologického pořádku ve firmě.

K dosažení tohoto cíle jsou nutné následující kroky:

- Analýza platných právních předpisů a norem s důrazem na předpisy a normy související s činností firmy Zippel GmbH
- Seznámení se současným systémem nakládání s měřidly a inventura měřidel
- Rozbor výrobních procesů a z nich vyplývajících metrologických požadavků, potřebných měřidel a požadovanou přesnost měření
- Aktualizace evidence měřidel
- Vytvoření pravidel pro označování a kategorizaci měřidel
- Určení kalibračních intervalů a ověřovacích intervalů a stanovení pravidel pro stanovení intervalů u nově pořízených měřidel
- Stanovení zodpovědnosti a povinnosti při řízení metrologického pořádku
- Stanovení pravidel pro nakládání s měřidly, jež budou závazná pro všechny pracovníky, kteří jsou uživateli měřidel
- Určení pravidel pro vyřazování měřidel a jejich likvidaci
- Vytvoření jednotných postupů měření pro zajištění správného měření
- Vytvoření kalibračních postupů pro měřidla, která mají být kalibrována interně ve firmě
- Vytvoření předloh pro jednotnou a snadnou dokumentaci měření a kalibraci

2 Teoretický popis problému

Pro vypracování metrologického řádu a s ním souvisejících dokumentů je třeba shrnout některé teoretické poznatky, ze kterých se bude vycházet.

V první řadě jsou to zákonné požadavky a požadavky norem. V případě této práce je to navíc porovnání relevantních předpisů pro ČR a SRN, protože část používaných zdrojů je v českém jazyce založena na českých předpisech a zákonech a část v německém jazyce založena na zákonech, normách a zvyklostech v SRN. Tyto poznatky jsou rozebrány v kapitole 2.1.

Pro posouzení metrologických procesů a sestavení kalibračních postupů a postupů měření je nutná znalost teorie měření a vlivů, které se projevují na výsledcích měření a ovlivňují přesnost procesů i samotných měřidel. Podstatné je přitom především, jak vznikají a jak se vyjadřují chyby měření a jak je zohlednit v procesu a při zpracování dat. Tyto poznatky budou později použity při návrhu kalibračních postupů. Relevantní poznatky shrnuje podkapitola 2.2.

Pro posouzení vhodnosti měřidel pro daný proces je nutné znát základní funkce a rozdělení měřicí techniky. Kapitola 2.3 proto popisuje, jak se měřidla rozdělují. Poznátka budou později použity při inventuře a zhodnocení vybavenosti podniku.

Pro sestavení komplexních směrnic pro nakládání s měřidly v rámci podniku je nutné zasadit roli měřidel do kontextu systému managementu kvality, jehož je metrologický řád součástí. Kapitola 2.4 stručně shrnuje základní fakta k managementu kvality a používaným metodám.

Protože metrologie netvoří ve většině strojních podniků velkou část SMK v poměru k ostatním oblastem, rozebírá kapitola 2.5 roli měřidel v SMK a v plánování a řízení kvality. Popisuje různé přístupy a vývoj použití měřidel. Na základě poznatků shrnutých v teoretické části práce je vypracována metodika sestavení metrologického řádu, na kterou pak přímo navazuje aplikační část.

2.1 Rozbor právních předpisů a norem

2.1.1 Rozdíly v právní úpravě metrologie mezi ČR a SRN

Firma Zippel GmbH sídlí a působí v obci Neutraubling ve Spolkové republice Německo a na její činnost se tedy vztahují německé právní předpisy a normy. Rozdíly jsou především formální, ale pro úvod do problematiky uvádí tato kapitola srovnání struktury jednotlivých zákonů a orgánů v oblasti metrologie v České republice a SRN.

	Česká republika	Spolková republika Německo
Nejvyšší národní orgán v oblasti metrologie	Ministerstvo průmyslu a obchodu	<i>Bundesministerium für Wirtschaft und Energie</i> (Ministerstvo hospodářství a energetiky)
Nejvyšší metrologická instituce	Český metrologický institut (ČMI)	<i>Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB)</i> (fyzikálně-technický ústav)
Nejvyšší normalizační instituce	Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví (ÚNMZ)	Deutsches Institut für Normung (DIN) (Německý institut pro normalizaci)
Nejvyšší instituce pro akreditaci měřících laboratoří	Český institut pro akreditaci (ČIA)	<i>Deutsche Akkreditierungsstelle (DakS)</i> Německý úřad pro akreditaci
Zákony	Zákon č. 505/1990 Sb. Zákon o metrologii	<i>Gesetz über die Einheiten im Messwesen und die Zeitbestimmung (EinhZeitG)</i> <i>Mess- und Eichgesetz (MessEG)</i>

		Akkreditierungsstellengesetz (AkkStelleG)
--	--	--

Tabulka 1 Srovnání struktury úřadů v oblasti metrologie v ČR a SRN

Z tabulky je zřejmé, že všechny hlavní orgány a instituce působící v oblasti metrologie mají v obou státech svůj ekvivalent a spadají pod ministerstvo se stejnou oblastí působnosti. Rozdíly spočívají tedy pouze v mírně odlišném pokrytí jednotlivých oblastí. Pro účely této práce je podstatný především obsah MessEG a jeho podobnosti a odlišnosti s českým Zákonem o Metrologii.

Stejně jako Zákon o metrologii upravuje uvedení měřidel na trh, Úlohy státních institucí a nakládání s měřidly. Na rozdíl od Zákonu o metrologii neupravuje použití základních jednotek, to upravuje EinZeitG.

Důležité body z MessEG [4]:

„Část 1, §3 Pojmy týkající se měřidel

1. Uznávací místo je místo, které místu pro zhodnocení konformity na žádost umožňuje provádět určité činnosti spojené s ověřováním konformity.
2. Provedení měřidla je konečné provedení exempláře určitého typu měřidla.
3. EG-povolené provedení je přípuštění měřidel k prvnímu EG-cejchování.
4. EG-první cejchování je ověření a potvrzení shody nového nebo obnoveného měřidla s povoleným provedením nebo ustanovením dle předpisu 2009/34/EG des Evropského parlamentu a rady z 23. dubna 2009 týkající se společných předpisů o měřidlech a měřících a ověřovacích postupech (ABl. L 106 z 28.4.2009, S. 7) nebo na tomto předpisu založených dalších předpisech.
5. Cejchování je každé úřední nebo úředně nařízené ověření, zhodnocení a označení měřidla, které je spojené s povolením užíváním měřidla k danému účelu a za odpovídajících podmínek na jedno další ověřovací období.
6. Mezní chyba je při prvním cejchování nebo při uvedení do oběhu povolená odchylka naměřené hodnoty na měřidle od skutečné hodnoty.
7. Uvedení do provozu je první použití měřidla koncovým uživatelem pro daný účel
8. Zhodnocení konformity je postup ke zhodnocení, zda jsou splněny specifické požadavky na měřidlo.
9. Místo pro hodnocení konformity je místo, které provádí činnosti ke zhodnocení konformity včetně kalibrací, zkoušení, certifikací a inspekcí.
10. Prohlášení o konformitě je prohlášení výrobce potvrzující, že měřidlo prokazatelně splňuje zákonné požadavky.
11. Etalony jsou zařízení, která spadají pod pojem měřidla a která při používání reprodukuji jednu nebo více známých.
12. Stálost měřidla je schopnost měřidla po celou dobu užívání zajistit správnost měření, a pokud jsou naměřené hodnoty ukládány, tyto hodnoty nezměněné uchovat.
13. Měřidla jsou všechna zařízení a systémy s měřící funkcí včetně etalonů, které jsou určeny k použití v obchodním nebo úředním styku a k provádění měření ve veřejném zájmu.
14. Ostatní měřidla jsou všechna zařízení a systémy s měřící funkcí, které neslouží k použití v obchodním nebo úředním styku nebo k provádění měření ve veřejném zájmu.
15. Veličina měřidla je fyzikální veličina, jejíž velikost má měření určit.
16. Správnost měření je schopnost měřidla správně změřit danou veličinu.
17. Rozhraní se zpětnými účinky je připojovací rozhraní na měřidle, přes které mohou být naměřené hodnoty ovlivněny nebo mohou spustit funkce měřidla, která ovlivní naměřené hodnoty.

18. Notifikace je sdělení uznávacího místa Evropské komisi a ostatním členským státům EU, že dané místo pro hodnocení konformity provádí úkony spojené s ověřením konformity, na které se vztahují právní předpisy evropské unie, pokud je v nich takové sdělení předepsáno.

19. Ověřitelnost je možnost ověřit, že měřidlo splňuje požadavky podle §6 odst. 2. Ověřitelnost zahrnuje i zobrazitelnost výsledků.

20. Částečné zařízení je podle § 4 odst. 3 část měřidla, která pracuje nezávisle, spolu s dalšími zařízeními tvoří měřidlo

- a) s jinými částečnými zařízeními nebo
- b) s kompatibilním měřidlem

21. Provozní mezní chyba je nejvyšší dovolená odchylka naměřené hodnoty na měřidle od skutečné hodnoty při běžném použití.

22. Použití měřidla je nutné nakládání a udržování v pohotovosti měřidla k určování měřených hodnot

23. Používání naměřených hodnot je nutné nakládání s výsledky měření

- a) v obchodním nebo úředním styku nebo
- b) při měření ve veřejném zájmu

24. Přídavné zařízení k měřidlu je takové zařízení, které je připojené k měřidlu, ale není nutné pro jeho fungování a slouží:

- a) k měření dalších hodnot
- b) k prvotnímu uložení naměřených hodnot
- c) k ovládání některých funkcí
- d) k výpočtu ceny produktu nebo služby při přímém prodeji
- e) ke zpracování nebo dalšímu uložení naměřených hodnot
- f) k propojení rozhraní ze zpětnými účinky

§ 4 Oprávnění k tvoření předpisů

(1) Spolková vláda je oprávněna k zajištění správnosti a stálosti měření

- 1. při nákupu měřitelného zboží a služeb k ochraně spotřebitele
- 2. v obchodním styku v zájmu zachování čestného obchodu
- 3. v úředním styku a při měřeních ve veřejném zájmu

Skrz předpisy a za souhlasu spolkové rady, určovat na která měřidla se tento zákon vztahuje a také blíže specifikovat pojmy „úřední styk“ a „měření ve veřejném zájmu.“

Z výňatku vyplývá, že stejně jako v českém Zákonu o metrologii, rozděluje MessEG měřidla na měřidla a ostatní měřidla a definice odpovídají definicím měřidel stanovených a pracovních v českém zákoně o metrologii. V části 3 zákona jsou pak popsány povinnosti spojené s cejchováním neboli úředním ověřováním a v části 7 postihy za porušení Zákona o měření a cejchování.

Od dalšího rozboru tohoto zákona tato práce upouští, protože inventura ve firmě Zippel GmbH ukázala, že firma žádná stanovená měřidla nepoužívá a neplánuje v dohledné době pořizovat a nabízené produkty a služby jejich použití nevyžadují a pro nakládání s měřidly jsou tedy závazné především odpovídající normy a smluvní ujednání se zákazníky.

2.1.2 Požadavky normy ISO 9001

Ve většině menších podniků, které neppracují s normami automobilového průmyslu IATF, je management kvality založený na normě ISO 9001. Certifikace dle této normy je již téměř nutností, pro podniky, které dodávají dalším větším podnikům a platí jako minimální požadavek na dodavatele nejen pro automobilový průmysl.

Požadavky na metrologický pořádek podniku, certifikovaného dle ISO 9001 určuje bod 7.1.5 této normy [5] Zdroje pro monitorování a měření:

„7.1.5 Zdroje pro monitorování a měření

7.1.5.1 Obecné

Podnik musí určit a poskytnout zdroje, které zaručí platné a spolehlivé výsledky měření a monitorování, které jsou nutné k prokázání konformity produktů a služeb s požadavky na ně.

Podnik musí zajistit, aby byly poskytnuté zdroje:

- a) vhodné pro použití při prováděných činnostech spojených s měřením a monitorováním
- b) udržovány v takovém stavu, aby byla jejich vhodnost neustále zajištěna.

Podnik musí uchovávat dokumentaci jako důkaz, že jsou dané stroje stále vhodné pro účely měření a monitorování.

7.1.5.2 Metrologická návaznost

Pokud je metrologická návaznost daný požadavek nebo pokud je podnikem považována za významný přínos k vybudování důvěry v platnost výsledků měření, musí být měřidla:

a) v daných intervalech nebo před použitím za pomoci etalonů kalibrována, ověřena nebo obojí. Tak aby byla zajištěna návaznost na mezinárodní nebo národní etalony. Pokud takové etalony neexistují, musí být podklady o kalibraci nebo ověření uchovány jako důkaz.

b) označena, aby bylo možné určit jejich status

c) chráněna před změnou nastavení, poškozením nebo zhoršením, které by mělo za následek zneplatnění kalibračního statusu, a tedy zneplatnění výsledků měření.

Podnik musí rozhodnout, zda byla ohrožena platnost výsledků dřívějších měření, pokud se zjistí, že je měřidlo pro svůj účel nevhodné. Poté musí podnik, pokud je to nutné, podniknout příslušné kroky k nápravě.“

Bod 7.1.5 normy je jediný, který se přímo vyjadřuje k nakládání s měřidly v rámci firmy a je závazný. Pro metrologický pořádek firmy mohou být relevantní i další body normy, například některé body pod souhrnným bodem 8 Provoz.

Jestli a které další body jsou pro tvorbu metrologického řádu relevantní, je nutné rozhodnout podle situace v konkrétní podniku.

Lze ale říci, že jeden další bod normy ISO 9001 bude relevantní vždy a to bod 7.5 Zaznamenávané údaje. Tento bod ukládá organizaci minimální požadavky na záznam informací a vedení dokumentace. Bod 7.1.5 ukládá organizaci, že musí dokumentovat prováděné kalibrace a ověřování na měřidlech a způsob, jakým měřidla udržuje ve stavu vhodném k použití a chrání před manipulací a poškozením. Tyto dokumenty musí také odpovídat požadavkům v bodu 7.5 na zaznamenávané údaje.

Bod 7.5.2 konkrétně ukládá, že dokumenty musí být vhodně označené, např. názvem, jménem autora, datem vzniku a referenčním číslem. Dále že musí být ve vhodném formátu a formě a dostatečně ověřené (tedy například schválené nadřízeným). Dále bod 7.5.3 Řízení dokumentovaných informací ukládá, jak musí firma s dokumentací nakládat, například že musí být zpřístupněny všem, pro jejichž práci jsou relevantní, a zároveň chráněny před zneužitím, manipulací a ztrátou a navíc ukládá, že dokumenty, které slouží jako důkaz shody produktu nebo služby s požadavky, musí být chráněny před nechtěnou změnou.

Protože všechny body normy ISO 9001 jsou pro podnik závazné, je třeba při tvorbě metrologického řádu podniku zohlednit všechny požadavky normy a zhodnotit, zda jsou pro jeho tvorbu relevantní. Zároveň je třeba ověřit, v jaké formě jsou jednotlivé relevantní body normy, např. výše zmíněný bod 7.5 v současné době uplatňovány a kontrolovány a zahrnout tato fakta do metrologického řádu, aby do systému řízení jakosti, který společnost má, zapadl a nestal se jen zbytečným kusem papíru, který není v souladu s procesy v podniku.

Jednotlivé body normy nepředepisují doslovně, v jaké formě je podnik má uplatnit, a proto je individuální metrologický řád šitý na míru podniku, výhodným způsobem, jak požadavky normy splnit a zároveň se vyhnout často drahým „univerzálním řešením“ ať už softwarovým nebo externím.

2.2 Teorie měření

Následující část práce obsahuje shrnutí teoretických poznatků, které mají sloužit jako podklad pro sestavení funkčního metrologického řádu ve firmě Zippel, který odpovídá individuálním potřebám firmy a jejímu výrobnímu programu a vyhovuje všem požadavkům dle norem a platných zákonů.

[6] „Metrologie je vědní a technická disciplína, zabývající se všemi poznatky a činnostmi, týkajícími se měření, je základem jednotného a přesného měření ve všech oblastech vědy, hospodářství, státní správy, obrany, ochrany zdraví a životního prostředí.“

Metrologie jako věda je obor velmi praktický, obzvláště pak oblast průmyslové metrologie. Každá její oblast je ale založena na velkém množství teoretických poznatků. S každou inovací, novou technologií, novým vynálezem přichází otázka, jak tento úspěch nejlépe změřit.

Každý podnik tedy při sestavování metrologického řádu čelí individuální výzvě, jakým způsobem nejlépe využít dostupné technické možnosti a poznatky pro své výrobní portfolio a vyvážit při tom vynaložené zdroje a dostatečnou kontrolu kvality, která je nutná jak k budování a udržování důvěry se zákazníky a dodavateli, tak k řízenému a měřitelnému vývoji a zlepšování kvality výrobků a služeb.

Metrologický řád sestavený na míru podniku má zaručit, že firma neztratí přehled o dostupných měřidlech, jejich vlastnostech a možnostech, termínech kalibrace a pravidelné údržby, případně že postupy měření zůstanou konzistentní při každém opakování, i když je neprovádí stejný pracovník.

„ [6] Metrologii v systému řízení jakosti je nutno chápat jako soubor činností spojených s udržováním, evidencí, kalibrací a ověřováním měřidel, tedy tvorby a dodržování metrologického řádu. Metrologie jako vědní obor se zabývá činností v oblasti měření různých veličin. Její význam je dán nutností poznání určitého stavu jevu, ať jde o výrobní proces, experiment nebo bádání.“

2.2.1 Metody měření

Metody měření dělíme podle různých kritérií do skupin.

- [7] Dle účinku, které měření vyvolává, na statické a dynamické.
- Na přímé a nepřímé metody, podle toho, je-li k určení konečného výsledku měření ve správné veličině nutno převodu nebo výpočtu. K nepřímým metodám se řadí i metody kombinační, kdy je k určení výsledku měření nutná série měření, ze které se kombinací výsledků určí hodnoty měřených veličin.
- Komparační (porovnávací) metody, které spočívají v porovnání hodnoty měřené veličiny se známými hodnotami téže veličiny. Ke komparačním metodám patří metody

s přímým porovnáním a metody diferenční – u první se hledá nejbližší shoda se známou hodnotou, u druhé se měří rozdíl k porovnávané hodnotě.

- Dále podle rozsahu měření rozlišujeme měření komplexní a dílčí, podle toho, jestli měříme všechny funkční rozměry součásti zároveň nebo jednotlivé rozměry zvlášť bez kontroly závislosti rozměrů.
- Podle technického provedení měřidla, rozdělujeme měření na kontaktní a bezkontaktní podle toho, jestli se měřidlo dotýká povrchu součásti nebo ne.

Volba metody hraje roli především tam, kde je možné kontrolovat určitou vlastnost součásti více způsoby a jeden z nich je výhodnější.

Například při kontrole závitů je možné dílčím měřením kontrolovat jednotlivé rozměry, ale komplexní měření závitovým kalibrem kontroluje i vzájemné vztahy rozměrů (stoupání i vnější průměr). Nebo např. kontaktní měření může být ovlivněno nestálou měřicí silou, případně teplotou (styk ruky a měřidla), zatímco bezkontaktní měření výsledek neovlivní.

2.2.2 Chyby měření a jejich příčiny

Účelem každého měření je snaha přiblížit se naměřenou hodnotou co nejbližší skutečnému rozměru nebo hodnotě. Dosáhnout stoprocentní přesnosti není možné, výsledek měření je vždy ovlivněn vlivy prostředí, lidským faktorem (měřicí silou, způsobem odečítání hodnot), nepřesností měřidla, špatným nebo neustáleným měřícím postupem, špatným stavem měřidla apod.

Nejčastější a předvídatelné chyby měření jsou definované a popsány a jejich vliv na výsledek daného měření můžeme předvídat a zohlednit už při výběru metody měření a měřidla i v závěru při dokumentaci a vyhodnocení výsledků měření.

[6] Chyby rozdělujeme dle různých kritérií na:

- odstranitelné a neodstranitelné, podle toho, jestli je úpravou podmínek, postupu nebo výměnou měřidla lze eliminovat,
- statické a dynamické, dle jejich závislosti na čase a
- hrubé, systematické a náhodné podle toho, jakým způsobem se objevují.

Poslední tři typy chyb jsou ty, na které se při měření primárně zaměřujeme.

2.2.2.1 Hrubé chyby

[6] Hrubé chyby jsou obvykle na první pohled nápadné, značně se liší od očekávaných hodnot nebo výrazně vybočují ze série měření.

Hrubé chyby vznikají především špatným postupem měření, nekvalifikovanou manipulací s měřidlem (např. špatné výchozí nastavení, chybné odečítání výsledku na stupnici), defektem na měřidle nebo např. chybným zápisem výsledku. Pokud odhalíme jednotlivé hrubé chyby, je možné je při zpracování výsledku zcela vyloučit, pokud i přesto zbývá dostatek naměřených hodnot k vyhodnocení, jinak je nutné měření opakovat.

2.2.2.2 Systematické chyby

[6] Systematické chyby jsou chyby předvídatelné, které vyplývají ze způsobu měření, vlivu prostředí nebo vlastnosti měřidla a zůstávají při opakovaném měření stálé.

Mnoho systematických chyb je předem známých a při zpracování výsledku je zohledníme pomocí korekce. Známé systematické chyby, jejichž hodnotu známe, mají znaménko a k výsledku je tedy buď přičteme, nebo odečteme.

Neznámé systematické chyby, jsou chyby, které předpokládáme, ale jejich přesnou hodnotu a znaménko neznáme a nedokážeme experimentálně určit. Tyto chyby mají znaménko \pm a z toho důvodu není možné je jednoznačně zohlednit v korigované hodnotě, ale zahrnují se do nejistoty měření (viz dále).

Mezi systematické chyby patří např. chyby přístroje a normálu, chyby způsobené vlivem prostředí, vlivem měřené součásti, vlivem měřicí síly nebo chyby metody.

2.2.2.3 Náhodné chyby

„ [6] Náhodné chyby jsou způsobené příčinami náhodného charakteru co do velikosti a směru působení. Při každém jednotlivém měření určité veličiny se vyskytnou náhodné chyby a ovlivňují každou naměřenou hodnotu. Při opakovaném měření za stejných podmínek (osoba, metoda, měřidlo, prostředí apod.) bude soubor naměřených hodnot v důsledku působení náhodných chyb vykazovat rozptyl (velikost rozptylu je úměrná vlivu náhodných chyb). Z jedné naměřené hodnoty nelze posoudit vliv náhodných vlivů, ale pouze ze souboru naměřených korigovaných hodnot je možno určit velikost náhodné chyby pomocí intervalu, ve kterém se bude nacházet s určitou pravděpodobností (jistotou) „skutečná“ hodnota naměřené veličiny.“

Mají společný charakter jak s hrubými, tak se systematickými chybami. Stejně jako u systematických chyb můžeme jejich výskyt předvídat a z většího souboru naměřených hodnot lze určit jejich rozptyl a další vlastnosti, ale stejně jako u hrubých chyb nelze odhadnout přibližnou stálo velikost ani smysl. Pro jejich zohlednění při zpracování výsledků měření je tedy nutné znát tabulkovou hodnotu, která je někdy součástí návodu k měřidlu nebo příručky nebo může být doporučena v normě, anebo vliv určit experimentálně.

2.2.3 Nakládání s chybami při zpracování výsledků měření

Jak už bylo zmíněno, je každé měření zatíženo chybou. Při měření a zpracování výsledků měření v průmyslové praxi je důležité především vědět, jak velkou chybou a v jakém smyslu je měření zatíženo a s jakou jistotou výsledek odpovídá skutečnosti.

Cílem není nezbytně zvolit vždy nejpřesnější metodu měření a vyvarovat se všech chyb, cílem je zvolit taková měřidla a postupy měření, která jsou hospodárná a lze je dobře integrovat do výrobního a kontrolního procesu. Měřidlo volíme tak, aby nejvyšší možná chyba nikdy stále umožňovala rozhodnout, zda naměřené hodnoty leží v rámci tolerance v dokumentaci nebo ne. Pro správné zpracování výsledků měření je nutné znát některé základní pojmy a výpočty.

Při výpočtech udáváme chyby ve dvou tvarech [6]:

Chyba absolutní: $\varepsilon = y - x_0$, kde:

ε	absolutní chyba měření
y	naměřená hodnota
x_0	pravá (konvenčně pravá, skutečná) hodnota

Chyba relativní: $\delta = \frac{\varepsilon}{x_0} \cdot 100[\%]$

Tedy absolutní chyba nám říká, jaký je rozdíl mezi naměřenou hodnotou a hodnotou, kterou očekáváme (konvenční pravá nebo skutečná hodnota může být hodnota uvedená v dokumentaci, velikost etalonu, obvyklá hodnota nebo např. hodnota nastavená na ovládání stroje).

Relativní chyba se udává v procentech a říká nám, jaký podíl naměřené hodnoty chyba tvoří.

2.2.4 Vyloučení hrubé chyby ze souboru naměřených hodnot

V menších souborech naměřených hodnot, by hrubá chyba měla být na první pohled patrná, a pokud je objevena, ze souboru se vyloučí nebo se měření zopakuje.

V případě, že je soubor naměřených hodnot velký nebo např. v případě, kdy výsledky měření zpracovává jiná osoba než ta, která prováděla měření, a také u výsledků automatických měření, je vhodné hrubé chyby vyloučit početně, a to takto:

1. Ze souboru naměřených hodnot se vypočte střední hodnota: $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$, tedy aritmetický průměr hodnot.
2. Dále pomocí střední hodnoty výběrová směrodatná odchylka: $s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$
3. a z ní pak normované hodnoty: $H_n = \frac{x_n - \bar{x}}{s(x)}$
4. z tabulek se určí mezní hodnota H pro předem stanovenou pravděpodobnost p (procentní hodnota, která určuje, jak přesné výsledky měření potřebujeme např. 98%, 95% apod.) a počet měření v souboru n

Ze souboru se pak vyloučí ty hodnoty, které překračují dané mezní hodnoty. Pochopitelně je nutno kriticky posoudit, zda množství vyloučených hodnot odpovídá ojedinělým hrubým chybám nebo ukazuje na jiný problém při měření.

2.2.5 Zohlednění systematických chyb

Systematické chyby lze při zpracování výsledků měření zohlednit dvěma způsoby, podle toho, zda se jedná o chybu známou nebo neznámou.

[6] Známé chyby mají určitou hodnotu a znaménko a při zpracování výsledku je zohledňujeme ve formě korekce, která odpovídá velikosti systematické chyby a má opačné znaménko. Příklad pro známou systematickou chybu mohou být teplotní chyby (způsobené roztažností materiálu), známé vlivy prostředí (např. vliv akustických charakteristik místnosti při měření hluku) apod. Korekce se určují poččetně nebo z tabulek a od konečného výsledku se podle znaménka přičtou nebo odečtou.

Neznámé chyby mají znaménko \pm a nelze je tudíž použít ke korekci, ale jsou zahrnuty v nejistotě měření (viz dále).

2.2.6 Nejistota měření

Většina měření není zatížena pouze jednou chybou ani pouze jedním typem chyby, ale několika různými chybami. Při zpracování výsledku je nutné zohlednit všechny. To může být časově náročné, ale výhodou je, že pokud se měření provádí vždy za stejných podmínek a stejnými měřidly, není nutné vždy všechny výpočty provádět znovu a stačí případně změnit pouze jejich část.

Například při měření stejným mikrometrem, stejným zaměstnancem a stejného výrobku, pouze za jiné teploty se změní pouze velikost korekce pro systematickou teplotní chybu. Proto je výhodné měřicí postupy co nejvíce standardizovat a dobře popsát a dokumentovat.

Při zpracování výsledků vyloučíme hrubé chyby a pomocí korekcí zohledníme známé systematické chyby a poté zbývá zohlednit chyby náhodné a systematické neznámé.

Ty se zohlední v nejistotě měření. [6] Nejistota měření je novější pojem, který se vyskytuje především v nové literatuře a mezinárodních normách. Starší literatura pracuje především s pojmy přesnost a odchylka měření.

„ [6] Nejistotou se rozumí parametr charakterizující rozsah (interval) hodnot kolem výsledku měření, který můžeme odůvodněně přiřadit hodnotě měřené veličiny. Může se týkat výsledku měření, ale také hodnot odečtených na použitých přístrojích, hodnot použitých konstant, korekce atd., na kterých nejistota výsledku závisí.“

Nejistot je více typů a vždy je nutné při zpracování výsledků měření zhodnotit, které jsou pro dané měření relevantní a které ne. Někdy uvádění konkrétních nejistot předepisuje přímo norma.

Pro účely této práce jsou podstatné čtyři pojmy: standardní nejistota typu A, standardní nejistota typu B, kombinovaná nejistota a rozšířená nejistota.

Standardní nejistota typu A (u_A) odpovídá hodnotě směrodatné odchylky, tedy:

$$s(\underline{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \underline{x})^2}{n(n-1)}}$$

Standardní nejistota typu A závisí na počtu měření a její hodnota s počtem měření klesá.

Standardní nejistota typu B (u_B) nezávisí na počtu měření a popisuje především vztahy mezi zdrojem chyb a jejich vlivem na výsledek měření. Nejobvyklejší příklad pro to, kdy se využívá nejistoty typu B, jsou nejistoty stanovené odhadem na základě zkušenosti nebo předchozích měření, případně nejistoty převzaté z norem nebo certifikátů měřidel, literatury apod.

$$u_B = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial z_i} \cdot u_{Bz_i}\right)^2} \quad (5)$$

Z tohoto vzorce lze určit nejistotu typu B pro vzájemně nezávislé zdroje. Vzájemně nezávislými zdroji jsou míněny zdroje chyb, tedy například chyba měřidla, chyba při odčítání (chyba obsluhy) a chyba vlivem prostředí.

Praktický příklad by bylo měření, kde nejistotu vycházející od obsluhy může odhadnout z praktických zkušeností, nejistotu měřidla udává výrobce a nejistotu danou prostředím udává koeficient, přičemž parciální derivace ve vzorci umožňuje počítat i s takovými nejistotami, které jsou popsány funkcí, a ne jedinou hodnotou.

[6] Standardní nejistota typu B se využívá také všude tam, kde se výsledná hodnota dopočítává z více naměřených hodnot, které jsou zatíženy různými nejistotami. Zápis takového výsledku

potom vypadá takto: $x \pm u_B = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \pm \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{\partial f}{\partial z_i} \cdot u_{Bz_i}\right)^2}$

Kombinovaná nejistota (u_C) je nejistota složená z nejistot u_A a u_B podle vzorce:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}$$

Stejným způsobem lze skládat i pouze nejistoty typu A nebo směrodatné odchylky jednotlivých veličin. Tedy druhá odmocnina ze součtu kvadrátů jednotlivých nejistot.

[6] Z kombinované nejistoty se dále určuje **nejistota rozšířená**: $U = k_u \cdot u_C$

Kde k_u je koeficient rozšíření nebo také pokrytí a zjednodušeně popisuje rozložení chyb a požadovanou přesnost měření (pravděpodobnost, že se vypočtená a upravená hodnota kraje se skutečností).

[8] V technické praxi se lze asi nejčastěji setkat s hodnotou $k_u = 2$, která odpovídá normálnímu rozdělení a konfidenční pravděpodobnosti $p = 95\%$. Je ale třeba pro každý nový měřicí postup a neznámé měřidlo zvážit, zda je rozdělení skutečně normální, protože pro některá měřidla nebo metody měření může být obvyklé jiné rozdělení. Kromě normálního (Gaussova) rozdělení se vyskytují například trojúhelníkové (Simpsonovo), bimodální (zhruba opačné ke Gaussovu), lichoběžníkové, pravoúhlé, přičemž například vliv měřidla u posuvných měřidel odpovídají lichoběžníkovému rozložení. Pro různá rozložení a přesnosti existují tabulkové hodnoty.

[6] Při přímém měření jedné veličiny a malém počtu měření ($n < 10$) je předepsán výpočet rozšířené nejistoty dle vztahu: $U = 2 \cdot \sqrt{k_{UA}^2 \cdot u_A^2 + u_B^2}$

Tab. 7.2 Hodnoty k_{UA} pro pravděpodobnost $p=95\%$

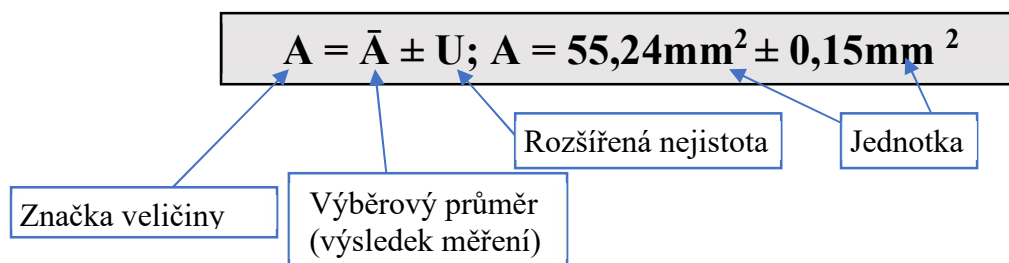
n	2	3	4	5	6	7	8	9
k_{UA}	7,0	2,3	1,7	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2

1 TICHÁ, Šárka, Strojírenská metrologie 1, 2004, Str. 24

2.2.7 Vyjádření výsledku

„ [6]Při vyjadřování výsledku měření je nutno uvádět nejistotu na dvě platné číslice. Celý výpočet nejistoty se musí provést s nezaokrouhlenými hodnotami, až pak se provádí zaokrouhlení (dle normy ČSN 01 1010).“

Jako výsledek měření se nejčastěji uvádí výběrový průměr, zaokrouhlený tak, aby číslice nejnižšího řádu měla též řád jako číslice nejnižšího řádu nejistoty měření při stejné jednotce. Případné korekce se odečtou nebo přičtou k finálnímu výsledku před zaokrouhlením. Výsledek měření pak uvádíme ve formě:



2.3 Měřicí technika

Vedle teoretických poznatků z různých vědních odvětví, matematiky a statistiky, které hrají v metrologii zásadní roli a umožňují především zpracovat, interpretovat a předvídat výsledky měření, je v průmyslové praxi podstatnou součástí metrologie měřicí technika.

Na informacích získaných pomocí měřicí techniky závisí mnoho oblastí průmyslu (a většina oblastí výzkumu).

[9]Měřicí techniku lze podle charakteru měření rozdělit na vědeckou měřicí techniku, která slouží k rozvoji vědeckých disciplín a získávání a zpřesňování poznatků, a průmyslovou měřicí techniku, která se především zaměřuje na potřeby průmyslu a získávání informací k řízení kvality výrobků a případně optimalizaci pracoviště.

Průmyslová praxe stejně jako mnoho norem rozlišují (často pod různými názvy) měření záruční a průmyslová. Záruční měření jsou ta, která slouží jako důkaz, že dané zařízení vykazuje parametry garantované výrobcem. Všechna měřidla používaná pro záruční měření musí být prokazatelně ověřena. Průmyslová měření slouží k dosažení správných vlastností výrobků, řízení kvality a průběžné kontrole a optimalizaci procesů.

2.3.1 Základní pojmy z měřicí techniky

[6]Měření fyzikální veličiny je číselné vyjádření její hodnoty pomocí číselné hodnoty a jednotky.

Jednotka je blíže určená veličina definovaná a přijatá konvencí, se kterou jsou porovnávány jiné veličiny stejného druhu za účelem vyjádření jejich hodnot ve vztahu k této veličině.

Veličina je vlastnost jevu, tělesa nebo látky, kterou lze kvalitativně rozlišit a kvantitativně určit.

Mezinárodní systém (soustava) jednotek SI

Veličina	Značka veličiny	Jednotka	Značka jednotky
Čas	t	sekunda	s

Délka	l, x, r atd.	metr	m
Hmotnost	m	kilogram	kg
Elektrický proud	I, i	ampér	A
Termodynamická teplota	T	kelvin	K
Látkové množství	n	mol	mol
Svítivost	I _v	kandela	cd

Tabulka 2 Soustava jednotek SI

Stupnice je uspořádaný soubor značek společně s přidruženým očíslováním, který tvoří část zobrazovacího zařízení měřicího přístroje.

Justování jsou činnosti k uvedení měřicího zařízení do stavu připraveného k použití.

Metrologická návaznost je vlastnost výsledku měření nebo hodnoty etalonu, kdy může být sledován vztah národním, popř. mezinárodním etalonům, nepřetržitým řetězcem porovnávání s etalony, jejichž nejistoty jsou známy.

Kalibrace je soubor úkonů, kterými se stanoví vztah mezi hodnotami veličin, které jsou indikovány měřicím přístrojem, systémem nebo hodnotami ztělesněnou mírou nebo referenčním materiálem a odpovídajícími hodnotami, které jsou realizovány etalony.

Etalon je měřidlo, ztělesněná míra, referenční materiál nebo měřicí systém, určené k definování, realizování, uchovávání nebo reprodukování jednotky nebo jedné či více hodnot veličiny k použití pro referenční účely.

Měřicí přístroj (měřicí zařízení, měřidlo) je zařízení ke zjištění hodnoty měřené veličiny.

Měřicí řetězec je tvořen vícero členy zapojenými do měřicího obvodu tvořícího měřicí zařízení. Tyto členy přenášejí a zpracovávají nebo i uchovávají informace o měřených veličinách.

2.3.2 Rozdělení měřicí techniky

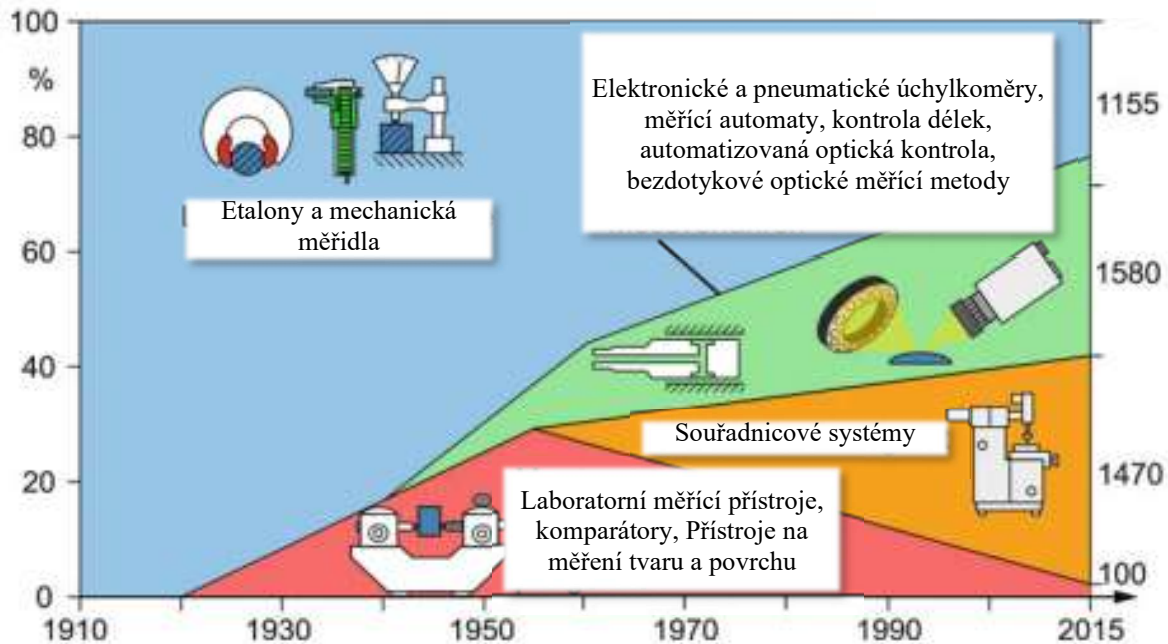
Měřicí technika je jeden z nejrychleji se rozvíjejících technických oborů. Vyznat se na trhu s měřicími přístroji a systémy je stále složitější.

Jedna z příčin je rozvoj systémů řízení kvality, ve kterých kontrola parametrů hraje významnou roli, a i malé podniky přechází na systémy dle norem ISO 9001 nebo dokonce IATF a prochází certifikací, protože to zákazníci často vyžadují a vzhledem k tomu, že mnoho výrobních podniků dnes dodává menší či větší část výrobků velkým výrobcům v automobilovém a leteckém průmyslu, je často certifikace pro firmy nutností. Výrobci měřicí techniky tak nabízejí měřidla všech velikostí, přesností a cenových kategorií, aby pokryli individuální potřeby všech výrobních odvětví.

Dále vzniklo mnoho nových možností vývojem polovodičových senzorů, které umožňují měřit rychle, bezdotykově a přenést velké množství dat.

A v neposlední řadě tvoří moderní měřicí technika významnou část automatizace výroby. Jak rychlý tento vývoj je a jak se struktura měřidel ve firmách mění, ukazuje následující grafika [10].

Objem trhu (2015) v Mil.
€/Rok



Obrázek 1 Vývoj zastoupení měřidel a měřících systému v čase

Měřidla lze dělit do skupin různými způsoby.

- Například etalony podle jejich pozice v hierarchii měřidel, podle které se postupuje při sledování metrologické návaznosti na [6]: mezinárodní, národní, referenční, pracovní a porovnávací, přičemž pracovní etalony v rámci podniku lze dále rozdělit na primární, tedy ty, které byly ověřeny v akreditované laboratoři porovnáním s referenčním etalonem, a sekundární, které byly v rámci podniku ověřeny porovnáním s primárním etalonem.
- Podle zákona o metrologii na [11]: etalony (slouží k realizaci a uchování jednotky určité veličiny nebo stupnice a přenosu na měřidla nižší přesnosti), pracovní měřidla stanovená (měřidla, které Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví vyhláškou k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam pro ochranu zdraví, životního prostředí, bezpečnost při práci atd.), pracovní měřidla nestanovená, certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály (materiály nebo látky přesně stanoveného složení nebo vlastností, používané pro ověřování nebo kalibraci přístrojů, vyhodnocování měřících metod a kvantitativní určování vlastností materiálů)
- Podle metody měření na: bezdotykovou a optickou měřicí techniku a kontaktní měřicí techniku (přičemž některé měřicí přístroje, ale mohou obsahovat obě funkce, například ruční otáčkoměr s mechanickým převodem i laserem)
- Podle způsobu napájení na: analogové a elektrické (digitální)

Dále například podle oblasti použití (medicínská měřicí technika), podle tříd přesnosti, přenosnosti atd.

Pro průmyslovou praxi je asi nejvíce smysluplné dělení podle veličin, které mají být měřeny, vzhledem k tomu, že je tak uspořádána většina katalogů měřidel, specializovaných prodejen i on-line prodejen.

Pro účely této práce, jsou měřidla rozdělena do kategorií podle měřených veličin. Jako příklad rozdělení slouží následující tabulka, která ale neobsahuje všechny existující veličiny a příslušná měřidla, pouze ta běžnější:

Veličina		Měřidla
Čas		Hodiny, chronometry, chronografy
Vnější rozměry	Délka	Mikrometry, posuvná měřítka, úchylkoměry, pravítka, pásma, délkoměry, dálkoměry, měřicí kolečka, souřadnicové měřicí přístroje
	Úhel	Úhломěry, vodováhy, nivelační přístroje, autokolimátory
	Plocha a objem	Planimetry, pantografy odměrné válce, kapiláry, průtokoměry
Hmotnost	Váha, tíha, hustota	Váhy, siloměry, hustoměry
Počet, četnost		Počítadla, Geigerův–Müllerův počítač, počítací váhy
Teplota		Teploměry, termočlánky, termovizní kamery
Elektromagnetické veličiny	Napětí, proud, odpor, intenzita, magnetický moment	Osciloskopy, multimetry, magnetometr
Optické veličiny	odrazivost, propustnost, emisivita a pohltivost, barva světla, index lomu	Spektrometry, senzory
Rychlost	Rychlost, zrychlení, otáčky	Otáčkoměry, tachometry, snímače zrychlení, radary, hodometry
Vlastnosti plynů a kapalin	Tlak, viskozita, pH, vodivost, povrchové napětí	Manometry, viskozimetry, reometry, pH-metry a pH-papírky, měřiče vodivosti, tenzometry
Vlastnosti materiálu	Tvrдость, povrchové napětí, těsnost	Měřiče tvrdosti, testovací inkousty, rentgen, mikroskop, ultrazvukové přístroje
Meteorologické veličiny vlastnosti okolí	Tlak vzduchu, vlhkost vzduchu, rychlost větru, hluk	Barometry, anemometry, vlhkoměry, atmometry, měřiče hluku

Tabulka 3 Rozdělení měřidel podle měřených jednotek

Znalost základního rozdělení měřidel a možností jednotlivých měřidel je při sestavování metrologického řádu a při spravování měřidel v podniku důležitá, protože v mnoha případech existuje více možností, jak daný rozměr nebo vlastnost změřit, a výběr správného měřidla a metody může ušetřit značné množství času a finančních prostředků.

2.4 Metrologie a řízení jakosti

Metrologický řád podniku je součástí systému řízení jakosti (SMK) podniku. Po poslední aktualizaci normy ISO 9001 je obsah normy a její doporučení silně orientovaný na procesy a pomalu se odvrací od „příruček kvality“ tak, jak byly dlouhá léta známé, a směřuje k SMK jako souboru definovaných procesů, kterými podnik řídí jakost výrobků, reaguje na neshody s požadavky na jakost a zachází s příležitostmi, riziky a možnostmi zlepšení. V souladu s touto skutečností by i moderní metrologický řád měl být procesně orientovaný a zapadat do celkového SMK podniku a fungovat spolu s existujícími výrobními a podpůrnými procesy.

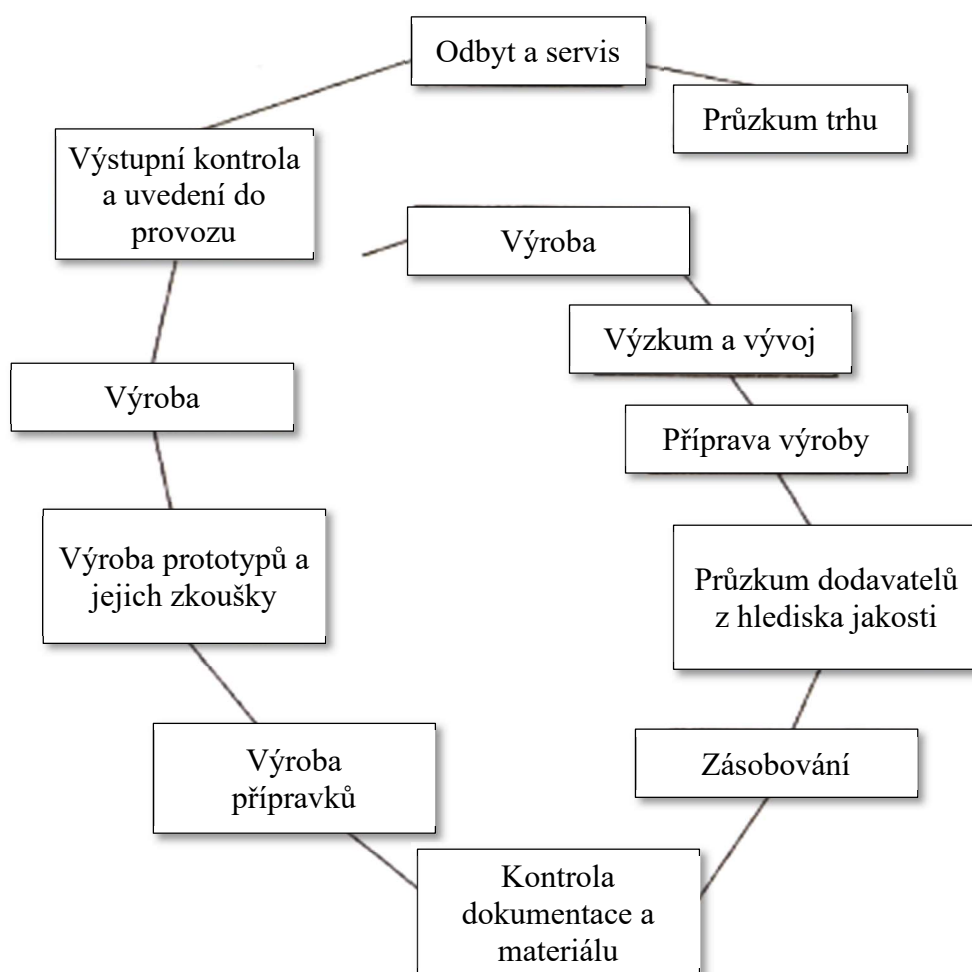
2.4.1 Základní pojmy z jakosti

[12] **Jakost** je souhrn vlastností a charakteristik výrobku nebo služby podmiňující jeho schopnost uspokojovat stanovené a předpokládané potřeby zákazníka

Znaky jakosti jsou

- kvantitativní
- kvalitativní
- technické
- estetické
- provozní
- ekonomické
- ekologické

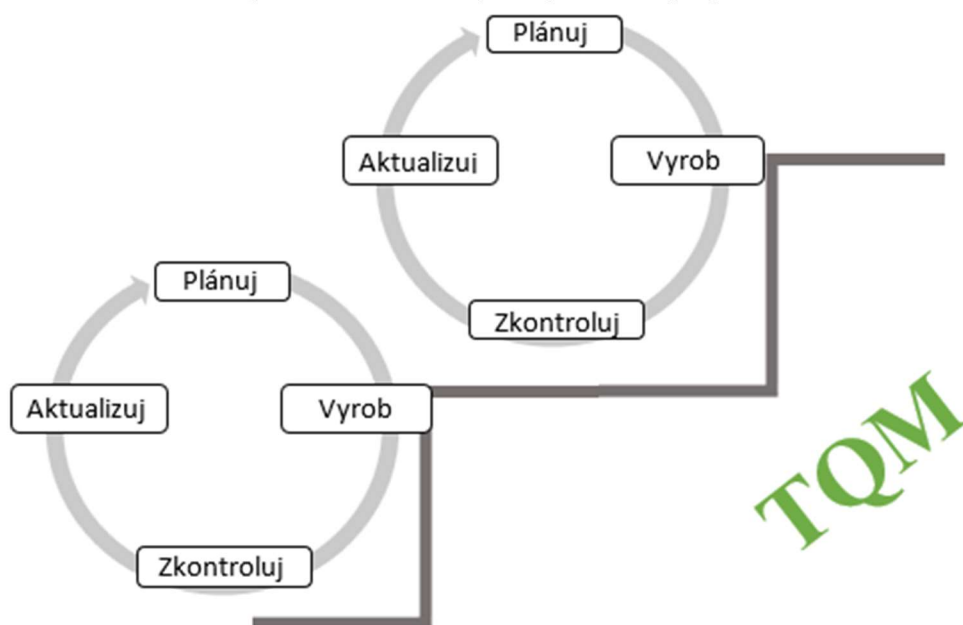
Spirála jakosti



Obrázek 2 Spirála jakosti

Total quality management (TQM) je proces neustálého zlepšování ve všech oblastech, na kterém se podílejí všichni zaměstnanci podniku s cílem uspokojovat požadavky zákazníků. (pozn. V němčině se často jako ekvivalent objevuje zkratka KVP = Kontinuierliche Verbesserungsprozess, v překladu též proces neustálého zlepšování, na místě obvyklejší mezinárodně známé zkratky TQM, princip je stejný, ale KVP není přímý překlad TQM).

PDCA je zkratka pro PLAN-DO-CHECK-ACT (tedy česky plánuj – udělej/vyrob – zkontroluj – aktualizuj), pojem známý také pod označením **Demingův cyklus**. Proces TQM spočívá v podstatě v neustálém opakování tohoto cyklu, jak ukazuje grafika:



Obrázek 3 Demingovy cykly v kontextu TQM

Hodnotová analýza je metoda k hledání potenciálu pro zlepšení a optimalizace založená na funkčně nákladovém přístup (dosažení nejvyšší možné funkčnosti a tedy i spokojenosti zákazníka za optimální náklady).

Má sedm etap:

- výběr objektu (stanovení modelu, výběr části projektu, u kterého lze předpokládat prostor pro optimalizaci)
- sběr informací (včetně ověření správnosti a jejich zpracování)
- funkční analýza (rozbor funkcí a jejich souvislostí)
- návrh a zhodnocení variant řešení
- určení optimální varianty
- projednání výsledků
- schválení

FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) je analytická metoda, která se snaží předpovědět všechny možné vady a problémy, které by mohly nastat, a jejich následky. Na jejich základě se pak stanoví preventivní opatření, kterými se těmto chybám předejde, přičemž se analýza soustředí na to, aby úsilí vynaložené na preventivní opatření odpovídalo vážnosti případných následků. Výhoda využívání FMEA metody jsou její nízké náklady a na rozdíl od složitějších metod jako např. 8D má smysl ji využít v podstatě vždy.

2.5 Plánování a řízení jakosti [12]

2.5.1 Jakost v předvýrobních etapách

Předvýrobní fáze má zásadní vliv na všechny aspekty výrobku včetně nákladů a jakosti. Proto musí plánování jakosti vstupovat do procesu již na samém začátku. Plánování jakosti zahrnuje plánování samotného výrobku (stanovení požadavků, návrh na jejich splnění), plánování pro řízení a provoz (včetně oprav a likvidace) a vypracování přesných plánů, jak má být těchto cílů dosaženo.

Příčemž u zcela nových výrobků je nutné zvážit i aspekty jako:

- porozumění potřebám zákazníka (jen proto, že zákazník něco chce, neznamená to, že je to nejlepší řešení jeho problému a doslovné splnění nemusí vést ke spokojenosti zákazníka),
- možnost kontrolovat stanovené cíle (má podnik potřebná měřidla a zázemí, aby mohl ověřit, zda výrobek požadavky splňuje?),
- vývoj nového výrobního procesu (v kterých fázích je třeba ověřovat které znaky jakosti, jak předejít možným chybám)

K metodám řízení jakosti používaných v předvýrobních fázích patří především hodnotová analýza a metoda FMEA.

2.5.2 Jakost v zásobování

Za jakost výrobků od externích dodavatelů pochopitelně odpovídá dodavatel a podnik nemůže plánovat a řídit jejich jakost. Přesto má jakost nakupovaných částí a služeb zásadní vliv na výslednou jakost výrobku, za kterou již výrobce odpovídá, i když případné chyby způsobí vadná část od dodavatele. Proto je nutné systematicky jakost produktů a služeb od dodavatelů sledovat a optimalizovat ji např. jednáním s dodavatelem, změnou dodavatele nebo výběrem jiného řešení, případně zvážením, zda se podniku nevyplatí výrobu části nebo činnost externisty převzít a provádět interně.

Činnosti spojené s řízením jakosti v zásobování lze rozdělit do tří kategorií:

Stanovení požadavků na dodavatele:

- Technické parametry a období jejich platnosti
- Požadavky na komplexnost a objem dodávek
- Požadavky na dobu dodání
- Požadavky na přepravu
- Požadavky na atesty a certifikáty
- Požadavky na rozsah a metody kontrolních činností, které provede dodavatel (v některých případech je dodavatel lépe vybavený měřidly a má lepší zázemí než odběratel a je výhodnější nechat si výsledky měření zaručit dodavatelem např. závazným protokolem než pořizovat vybavení pouze ke kontrole dodávaných výrobků, případně upřednostnit dodavatele, který je toho schopný)
- Požadavky na systém jakosti u dodavatele (např. spolupráce pouze s dodavateli, kteří jsou certifikováni dle ISO 9001)
- Postupy řešení neshod s požadavky

S požadavky musí být dobře seznámeni všichni zaměstnanci, kteří s dodávanými produkty a službami pracují tedy např. oddělení nákupu, pracovníci ve skladu a výrobě a případně servisu.

Stanovení metod a postupů kontroly shody s požadavky:

Je nutné přesně stanovit, kdo, kde a v jakém rozsahu má shodu s požadavky kontrolovat, kdo je zodpovědný za provedení kontroly, případně způsob dokumentace, jakým způsobem se postupuje v případě neshody s požadavky.

Vhodné je též vzít v potaz, zda a do jaké míry se spolehnout na výsledky měření a kontrol u dodavatele. I když dodavatel sám má systém kontroly výrobků, může u něj probíhat měření a testování za jiných podmínek. To stejné platí pro posuzování vzorků poskytnutých dodavatelem. Nelze na základě toho, že byly v pořádku vzorky nebo poslední dodávka upustit od kontroly dalších dodávek.

Posuzování alternativních dodavatelů a jejich výběr:

Podnik by měl mít jasně stanovený systém výběru a dlouhodobého hodnocení dodavatelů. Kritéria výběru a hodnocení musí být objektivní a předem stanovená a zakládat se nejen na ceně, ale i schopnosti dodavatele plnit stanovené požadavky.

Posuzování dodavatele může probíhat např. na základě dosavadních vlastních zkušeností s dodavatelem, zkušeností jiných podniků s dodavatelem nebo způsobilost procesů a výsledky auditů u dodavatele.

2.5.3 Jakost ve výrobě

Správné a důsledné řízení jakosti dodávek a plánování jakosti v předvýrobních etapách značně snižuje objem činností nutných k řízení jakosti ve výrobě. Opačný přístup výrobu zatěžuje a zpomaluje a také zhoršuje její předvídatelnost a schopnost plánovat např. termíny dodávek.

Cíle řízení jakosti ve výrobě jsou především:

- Zajištění tvorby podmínek pro splnění požadavků na jakost stanovených v předvýrobních etapách
- Minimalizace ztrát spojených s výskytem neshodných výrobků (přímo v procesu výroby i u zákazníka)
- Vytvoření podmínek pro neustále zlepšování procesu

Kontrola jakosti ve výrobě má pak zajistit objektivní posouzení shody mezi požadavky a skutečností, zabránění proniknutí neshodných výrobků do dalších fází procesu, odhalení chyb v procesu a sběr a vyhodnocení výsledků kontroly pro další zpracování a nalezení možností optimalizací.

Druhy a formy kontroly jakosti

Hledisko členění	Druh kontroly
Objekt kontroly	Kontrola materiálu, náradí, polotovaru, hotového výrobku, náhradních dílů, dokumentace, výrobních strojů a zařízení
Fáze životního cyklu	Kontrola koncepce, vývoje, dokumentace, zkoušky prototypu, výrobního procesu a závěrečná atestace
Místo provádění kontroly	Kontrola ve výrobě, laboratoři, zkušebně, skladu, u externího poskytovatele, u zákazníka
Použití měřidel	Objektivní nebo subjektivní kontrola kvantitativních nebo kvalitativních znaků jakosti
Rozsah kontroly	Kontrola stoprocentní, výběrová nebo namátková
Rozsah automatizace	Kontrola ruční, mechanická, automatizovaná

Subjekt kontroly	Kontrola primární (samokontrola), sekundární (kontrolorem, pověřenou osobou) nebo automatizovaná
Vliv metody na výrobek	Destruktivní a nedestruktivní
Začlenění metody do výrobního procesu	Kontrola vstupní, operační a výstupní

Tabulka 4 Formy kontroly kvality

2.5.4 Jakost v podvýrobních etapách

Rozsah činností spojených s plánováním a řízením jakosti v podvýrobních etapách je silně závislý na typu výrobku. Zatímco u některých spotřebních nebo jednoduchých výrobků je nutné stanovit pouze záruční podmínky a postup v případě reklamace, u komplexních výrobků jako např. výrobní stroje nebo dopravní prostředky může řízení jakosti zahrnovat mnohem komplexnější činnosti. Může to být uvedení do provozu u zákazníka a proškolení zaměstnanců, aby se předešlo poškození nebo chybnému fungování výrobku, které sice není chybou výrobce, ale má vliv na spokojenost zákazníka s výrobkem (i přesto, že zákazník zavíní problém chybným zacházením, neuspokojí ho vyjádření výrobce, že si za to může sám a subjektivní spokojenost s výrobkem klesá). Další příklady jsou pravidelné garanční prohlídky, záruční a pozáruční servis, možnost rozšíření nebo modernizace výrobku, poradenství a vhodná doporučení, jak docílit nejlepších výsledků.

Neshody s požadavky odhalené až u zákazníka způsobují obvykle nejvyšší ztráty a škody, a je proto vhodné jim s nejvyšším úsilím předcházet a přesto pečlivě plánovat postupy pro případ, že se objeví.

2.5.5 Měřicí technika v životním cyklu produktu

[10] Role měřicí techniky se za posledních několik desítek let enormně proměnila. Na počátku této proměny stál rozvoj velkosériové výroby a první SMK byly založeny na Taylorismu, tedy rozkladu procesů na ty nejjednodušší kroky a jejich optimalizaci. Oproti předchozímu stavu, kdy se na začátku masové výroby téměř všichni výrobci potýkali s vysokou zmetkovitostí a nestálou kvalitou výrobků, mohlo být pomocí tohoto přístupu docíleno markantního zvýšení produktivity. Také se tím ale změnila metody, jakými podniky využívaly měřicí techniku.

Zatímco původně prováděl jeden pracovník sérii úkonů a bylo běžné při montáži například párovat díly podle toho, které se k sobě nejlépe hodily a případně se ještě upravily, v novém uspořádání putují díly po jednom nebo několika málo krocích k dalšímu pracovníkovi, často na jiném pracovišti a v dnešním globalizovaném světě to také může znamenat na jiném kontinentu. Proto bylo nutné výrobu sjednotit a standardizovat, do takové podoby, aby byla záměna dílů pohodlně možná. To vedlo ke krokům, jako ustanovení jednotek SI jako mezinárodního standardu, zavedení norem ISO na tolerance rozměrů, standardizované součásti a konečně standardizované postupy kontroly jakosti pomocí definovaných vlastností, postupů a nejistot měření. A v konečné řadě i k sepsání norem na samotné řízení kvality.

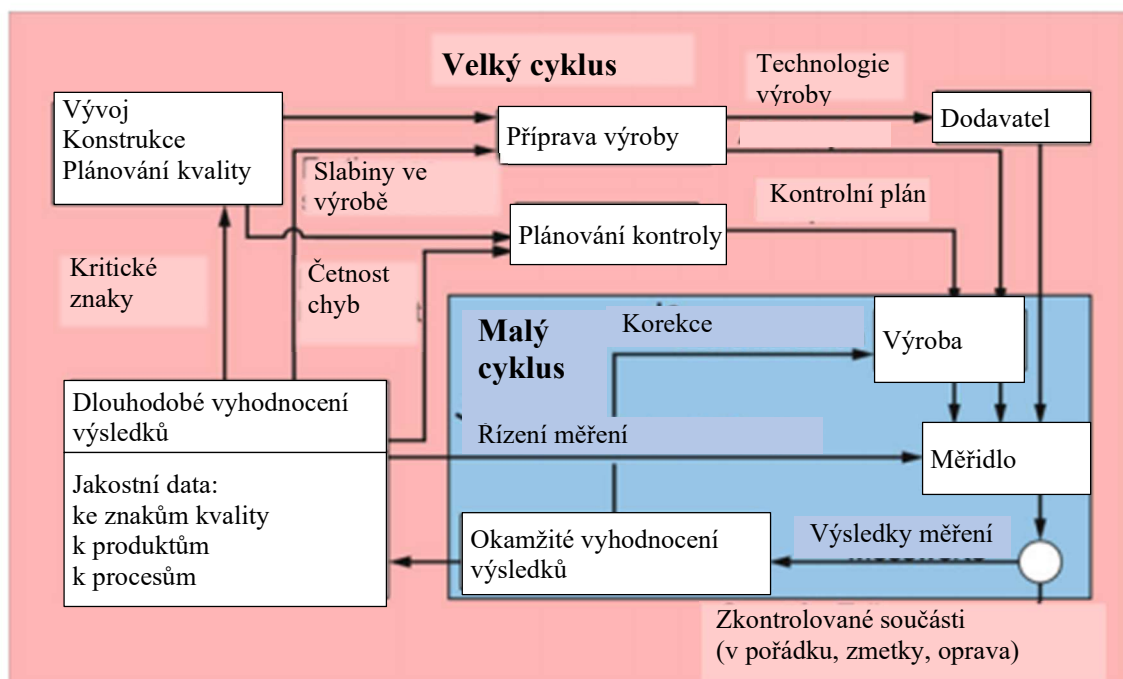
Měřicí technika, která původně sloužila ke spárování dílů a případnému zjištění, jaké úpravy budou potřeba, začala sloužit ke kontrole částí, polotovarů a výrobků po každém kroku a na jejím základě byla část buďto postoupena v procesu na další pracoviště nebo vrácena/vyřazena. Tedy výstup měření už nesloužil k dalšímu opracování, ale jako rozhodovací kritérium, zda část nebo výrobek splňuje dané požadavky. Protože se rychle ukázalo, že není možné efektivně kontrolovat každou součást, přešlo se ke kontrole náhodných vzorků z každé série. To vedlo k oddělení činností výroby a činností kontrolních.

Z kontroly a řízení jakosti se stala komplexní úloha, která už nespočívala pouze v jednotlivých drobných úkonech, ale postupně vzniklo v průběhu 20. století celé odvětví managementu kvality (QM).

Na základě přístupů a metod jako Kaizen, TQM, PDCA, přestala být hlavní úlohou pouhá kontrola výsledků a vyřazení zmetků, ale hlavní úlohou se stalo řízení jakosti, tedy i její plánování. Ústřední myšlenka moderního řízení jakosti je předcházení chybám.

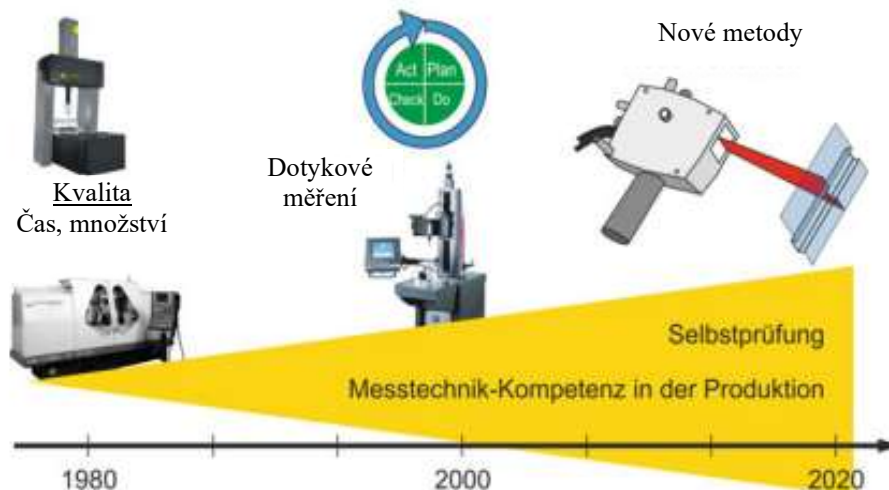
Z toho plyne, že kontrolní mechanismy a s nimi i měření už nestojí na konci procesu, ale na jeho začátku a již během vývoje produktu se zároveň plánuje, jakým způsobem každý definovaný požadavek efektivně ověřit. V ideálním případě tedy SMK směřuje k tomu, že počet chyb klesne na nulu a úsilí vynaložené na měření tudíž na minimum.

Role měřicí techniky je tedy efektivně měřit přímo ve výrobním procesu, pomocí techniky uzpůsobené co nejlépe prostředí výroby. Cílem je získávat přesná data v reálném čase a vytvářet rychlé Demingovy cykly, aby se závěry vyvozené z měření bez odkladu uplatnily v další optimalizaci. Přehledně to zobrazuje následující grafika:



Obrázek 4 Měřicí technika ve výrobě v malých a velkých cyklech

Na základě této struktury směřuje měřicí technika ve výrobě k větší míře seberegulace (pracovník kontroluje svou vlastní práci v rámci pracovního kroku) nebo automatizace kontroly (výrobní stroj si výsledek své práce změří sám) a měření probíhá přímo na místě a je pevně svázané s výrobním procesem od jeho plánování až po vyskladnění produktu.



Obrázek 5 Proměny metod měření ve výrobě

To zároveň znamená, že s významem a fungováním měření musí být seznámeni všichni, kdo se na procesu podílí, od nákupčího a konstruktéra až po dělníka ve výrobě nebo ve skladu.

2.5.6 Metodika sestavení metrologického řádu podniku [12]

O tom, zda je v konečném výsledku výrobek kvalitní, rozhoduje, nakolik splňuje původně stanovené požadavky. V technické praxi převažují kvantitativní znaky jakosti, tedy takové, které jsou měřitelné.

Pro jejich kontrolu je tedy nutné zajistit podmínky pro získávání spolehlivých výsledků měření a zamezit tomu, aby nesprávné nebo nekonzistentní výsledky znemožnily odhalit neshodné výrobky nebo naopak vedly k nápravným opatřením i přesto, že proces nebo výrobek je ve skutečnosti v pořádku a chybné bylo měření.

K tomu slouží řád podnikové metrologie (také metrologický řád, nebo metrologický certifikační řád podniku). Metrologický řád podniku je organizační normou a vychází ze zákonných předpisů, požadavků norem, které jsou pro podnik závazné a z výrobního programu a uspořádání podniku.

Před samotným sestavením metrologického řádu podniku je třeba provést rozbor metrologické situace v podniku, což zahrnuje:

- Rozbor požadované přesnosti procesů a výrobků
- Rozbor potřeb pro kalibraci, popř. ověřování měřidel

Ve většině případů už v podniku formálně nebo neformálně nějaký řád existuje, pokud podnik vlastní měřidla, takže k počátečnímu rozboru patří také inventura měřidel a dostupných prostředků a zázemí v podniku (dostupná měřidla, jejich stav, současný řád případně existující procesy, stav a zařízení zkušebny nebo laboratoře).

Na základě rozboru přesnosti procesů a výrobků a výsledku inventury se posoudí, zda současné vybavení a postupy vyhovují požadavkům, přičemž by kontrolní operace měly odpovídat ostatním výrobním procesům a mít např. podobný stupeň automatizace, požadavky na kvalifikaci apod.

Dále se stanoví počet měřidel v podniku (skutečný, dokumentovaný a optimální navrhovaný) a měřidla se rozdělí do kategorií, dle zákona o metrologii. Je nutné stanovit jejich přesnost a metrologický stav (zjistit skutečný a určit požadovaný) a z četnosti jejich použití odvodit kalibrační popř. ověřovací intervaly. Na stanovení kalibračních intervalů má vliv nejen četnost užívání, ale také podmínky používání, skladování, zacházení a doporučení výrobce.

Konečný návrh je nutný konzultovat se všemi odděleními, kterých se dotýká, a zohlednit jejich připomínky.

Celkem by měl metrologický řád obsahovat popis následujících bodů:

- Jaké kategorie měřidel podnik používá, jejich charakteristiky a která ustanovení se jich dotýkají
- Popis certifikačního systému podniku, který zahrnuje popis:
 - Jak často, kým a v jakém rozsahu se provádí ověření měřidel
 - Jakým způsobem se dokumentuje
 - Jakým způsobem se určuje a uvádí nejistota měření
 - Co se stane s neshodnými měřidly
 - Jakým způsobem jsou měřidla označena
 - Jak mají být skladována (z hlediska vlivu prostředí i z hlediska ochrany před manipulací)
 - Jakým způsobem je zajištěna metrologická návaznost
 - Za jakých podmínek probíhá ověřování
- Dále podle potřeby pravidla a doporučení k pořízování nových měřidel, stanovení jednotlivých odpovědných osob, postup při určování ověřovacího intervalu nově pořízených měřidel, rozsah dokumentace, souvislosti a vzájemné vztahy k ostatním procesům nebo vnitřním normám podniku, podmínky outsourcingu některých činností v řádu popsanych, výjimky aj.

Po uvedení metrologického řádu v platnost nebo aktualizaci je nutné se ujistit, že s ním byli seznámeni všichni zaměstnanci, kterým z řádu vyplývají povinnosti, a v případě nutnosti zajistit proškolení zaměstnanců. Dále je nutné průběžně kontrolovat jeho dodržování, zajišťovat nápravu nedostatků a v případě potřeby řád doplnit nebo aktualizovat. Krátce po zavedení nových pravidel je smysluplné kontrolovat fungování opatření častěji a může být nutné větší množství drobných i větších úprav. Po ustálení nových procesů postačují méně četné kontroly a aktualizace, např. v rámci interního auditu.

3 Řešení

Prvním nutným krokem k praktickému měření je inventura měřidel a dokumentace, Teprve podle výsledků inventury může být rozhodnuto jaké kroky budou následovat k nápravě metrologických pořádků v podniku a které oblasti musí metrologický řád nutně pokrýt.

Po inventuře následuje rozbor zjištěného stavu a případně dohledání dalších informací v rámci firmy nebo v literatuře.

Z rozboru byly vyvozeny kroky, které je nutné podniknout k uvedení metrologických pořádků ve firmě do souladu s normou ISO 9001.

Výstupem je pak metrologický řád a podpůrné dokumenty, které dokumentují postupy, na kterých se oddělení kvality shodlo s vedením firmy a jednotlivými odděleními.

3.1 Inventura měřidel

V době od května do června 2020 proběhla ve firmě první inventura měřidel po delší době. Podkladem pro inventuru byla původní evidence měřidel (zde obrázek) a kalibrační protokoly z předchozích let.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Allgemeine Übersicht							
2								
3	Nr	Bezeichnung	Identnummer	Status	Prüfinterwall	Einsatzort		Kommentar
4	1	Bügelmessschraube	401	1	1 Jahr	Dreherei	25 - 50 mm	
5	2	Bügelmessschraube	402	1	1 Jahr	Dreherei (Set)	0 - 25 mm	
6	3	Bügelmessschraube	403	1	1 Jahr	Dreherei (Set)	25 - 50 mm	
7	4	Bügelmessschraube	404	1	1 Jahr	Dreherei (Set)	50 - 75 mm	
8	5	Bügelmessschraube	405	1	1 Jahr	Dreherei (Set)	75 - 100 mm	
9	6	Bügelmessschraube	406	1	1 Jahr	Schrank Dreherei	150 - 175 mm	
10	7	Bügelmessschraube	407	1	1 Jahr	Schrank Lager	175 - 200 mm	
11	8	Bügelmessschraube	408	1	1 Jahr	Schrank Lager	200 - 300 mm	
12	9	Bügelmessschraube	409	1	1 Jahr	Schrank Dreherei	50 - 75 mm	
13	10	Bügelmessschraube	410	1	1 Jahr	Schrank Lager	75 - 100 mm	
14	11	Bügelmessschraube	411	1	1 Jahr	Schrank Dreherei	100 - 125 mm	
15	12	Bügelmessschraube	412	1	1 Jahr	Schrank Dreherei	125 - 150 mm	
16	13	Digitalbügelmessschraube	413	1	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 25 mm	
17	14	Digitalbügelmessschraube	414	1	1 Jahr	Schrank Lager	0 - 25 mm	
18	15							
19	16	Digitalbügelmessschraube	416	1	1 Jahr	Schrank Dreherei	25 - 50 mm	
20	17	Digitalbügelmessschraube	417	1	1 Jahr	Schrank Lager	50 - 75 mm	
21	18	Digitalbügelmessschraube	418	1	1 Jahr	Schrank Lager	75 - 100 mm	
22	19	Digitalbügelmessschraube	419	1	1 Jahr	Schrank Lager	25 - 50 mm	
23	20	Digitalbügelmessschraube	420	1	1 Jahr	Schrank Lager	50 - 75 mm	
24	21	Digitalbügelmessschraube	421	1	1 Jahr	Schrank Lager	75 - 100 mm	
25	22	Digitalbügelmessschraube	422	1	1 Jahr	Fräserei	25 - 50 mm	
26	23	Digitalbügelmessschraube	423	1	1 Jahr	Fräserei	0 - 25 mm	
27	24	Bügelmessschraube	424	1	1 Jahr	Schrank Dreherei	25 - 50 mm	
28	25	Bügelmessschraube	425	1	1 Jahr	Schrank Lager	25 - 50 mm	
29	26	Bügelmessschraube	426	1	1 Jahr	Schrank Lager	0 - 25 mm	
30	27	Bügelmessschraube	427	1	1 Jahr	Schrank Lager	50 - 75 mm	
31	28							
32	29	Digitale Bügelmessschraube 3-kant 60°	429	1	1 Jahr	Schrank Lager	5 - 25 mm	
33	30	Bügelmessschraube	430	1	1 Jahr	Schrank Dreherei	75 - 100 mm	
34	31	Bügelmessschraube	431	1	1 Jahr	Hr. Lang A.	100 - 125 mm	
35	32	Bügelmessschraube	432	1	1 Jahr	Werkzeugkiste 2	0 - 25 mm	
36	33	Bügelmessschraube	433	1	1 Jahr	Werkzeugkiste 1	0 - 25 mm	
37	34	Bügelmessschraube	434	1	1 Jahr	Werkzeugkiste 3	25 - 50 mm	
38	35	Bügelmessschraube	435	1	1 Jahr	Fräserei	0 - 25 mm	
39	36	Bügelmessschraube	436	1	1 Jahr	Werkzeugkiste 4	0 - 25 mm	

Výsledky inventury shrnují následující body:

3.1.1 Měřidla ve firmě

Inventura ukázala, že se ve firmě nevyskytují žádná stanovená měřidla, což je v souladu s charakterem výrobků, jejichž konformita není definována měřitelnými parametry.

Dále z inventury vyplynulo, že evidenci dosud podléhala pouze měřidla ze čtyř definovaných kategorií a ostatní měřidla ve firmě nebyla v žádné formě registrována ani pravidelně ověřována.

Čtyři kategorie měřidel, která původně podléhala metrologickému řádu firmy, jsou posuvná měřítka, hloubkoměry, vnitřní mikrometry s 2bodovým a 3bodovým stykem a vnější mikrometry. Nesprávně byly mezi mikrometry zařazeny i úchylkoměry.

Stav po provedení inventury zahrnuje 35 posuvných měřítek ve velikostech od 0 - 150 mm do 0 - 1000 mm, 13 hloubkoměrů, 15 vnitřních mikrometrů v rozsahu od 0 do 100 mm, 33 standardních mikrometrů v rozsahu 0 - 300 mm a 8 úchylkoměrů.

Část měřidel uvedených v původní evidenci nebyla v průběhu inventury nalezena, především větší počet posuvných měřítek. Z rozhovoru se zaměstnanci vyplynulo, že pravděpodobně existuje několik důvodů pro tuto skutečnost: zrušení pobočky firmy, kde bylo zařízení prodáno nebo zlikvidováno, fluktuace zaměstnanců v zákaznickém servisu a fakt, že nebyl definován

postup, jak naložit s již nepoužitelnými měřidly, a některá proto pravděpodobně byla zlikvidována bez patřičné dokumentace.

Tento fakt byl při vývoji nové evidence měřidel a metrologického řádu zohledněn, tak aby bylo definováno, co se má v podobných případech stát.

Dále byla v rámci inventury a později v rámci vývoje metrologického řádu nalezena další měřidla, která do té doby nepodléhala, žádné formě kontroly, ta byly v rámci inventury zaevidována a v průběhu tvorby metrologického řádu a souvisejících dokumentů bylo nutné rozhodnout, jak s nimi naložit a definovat postupy pro případy nových a znovu nalezených měřidel.

3.1.2 Dosavadní kalibrační pořádek podniku.

Z rozhovoru se zaměstnanci a původní dokumentace vyplynul následující stav. Obecně jsou kalibrační intervaly všech pravidelně interně kalibrovaných měřidel stanoveny na jeden rok a o kalibraci se stará pověřená osoba. Kalibrační postupy ve formě dokumentu neexistují, pověřená osoba provede kalibraci dle svých znalostí, případně se informuje, jak kalibraci provést. V případě nepřítomnosti pověřené osoby, provede kalibraci jiný zaměstnanec z výroby, přitom ale neexistuje systém, který by kalibraci připomněl, kromě paměti zaměstnanců a samolepek s datem poslední kalibrace na kalibrovaných měřidlech.

Neevidované speciální měřicí systémy (především z oddělení elektrické konstrukce) jsou kalibrovány externě a za jejich včasnou kalibraci je zodpovědný vedoucí oddělení, přičemž někteří dodavatelé upomínají na blížící se termín další kalibrace dopisem nebo emailem zvolené kontaktní osobě.

Pro kalibraci výše zmíněných měřidel z uvedených čtyř kategorií existují předlohy kalibračních protokolů a informační list, který definuje přiřazení statusu měřidla podle výsledku kalibrace.

3.2 Rozbor metrologické situace v podniku

Z inventury měřidel vyplynulo, že různá oddělení nashromáždila v průběhu let velké množství měřidel různých typů, principů a složitosti, která jsou využívána velmi rozdílnými způsoby a ve velmi odlišných frekvencích.

Lze tedy říci, že obecné požadavky na měřidla a měřicí procesy jsou:

- Flexibilita: Měřidla musí být využitelná kdekoli ve firmě a případně i u zákazníka, pevně instalovaná měřidla jako koordinátové systémy, délkoměry nebo obecně jakákoliv automatizace měření nemají v kusové výrobě smysl. Stejně tak jednoúčelová měřidla jako kalibry je nutné dobře zvážit.
- Vzhledem k nepravidelné frekvenci měření a různým způsobům využití je vždy výhodnější zvolit měřidla, která lze kalibrovat interně a pro jejichž používání není třeba speciálních školení.
- Protože průmyslové myčky, které firma produkuje, mají většinou hmotnost několik tun až desítek tun a úměrně k tomu je i mnoho jejich dílů pouze obtížně manipulovatelných, nemá smysl oddělená zkušebna nebo laboratoř, měřicí procesy musí být integrovatelné přímo ve výrobě.

Vyplynulo, že firma je velmi dobře vybavena všemi potřebnými měřidly a zaměstnancům nechybí kompetence pro zacházení s nimi. Způsoby uskladnění i použití jsou v pořádku, existují procesy a postupy, které ale nejsou dokumentované a nikdo nevyvíjí a nekontroluje jejich průběh.

Inventura odhalila především 3 výrazné problémy, které by měl nový metrologický řád pomoci vyřešit:

1. Chybí systematika ve způsobu a četnosti kalibrací pro různá měřidla, nejsou stanovené intervaly kalibrace, není jasné, která měřidla patří ke kterým procesům a za jakých podmínek mohou být používána, dále chybí jednoznačné postupy pro kalibrace, měření

a zpracování výsledků a každý nově pověřený zaměstnanec si musí informace tvořit znovu a tvoří si vlastní postupy, což neumožňuje reprodukovatelnost měření.

2. Evidence měřidel je rozdělená a nekompletní a jednotliví zaměstnanci z různých oddělení nemají přehled, jaká měřidla jsou k dispozici, což vede například k tomu, že mechanická konstrukce předepíše neměřitelné parametry nebo zákaznický servis nakoupí nová měřidla, která už v jiném oddělení byla k dispozici.
3. Není určené, kdo je zodpovědný za která měřidla a např. i za správnost výsledků měření nebo dokumentaci.

3.2.1 Rozbor požadované přesnosti procesů a výrobků

Typ výroby ve firmě Zippel je kusová výroba s malou mírou standardizace a nulovou automatizací. Výrobky mají velké rozměry a výkresy jsou obvykle tolerovány dle ISO 2768 ve třídě přesnosti *m* nebo *c*, tedy střední nebo hrubá. Velmi přesné části se nakupují nebo vyrábí v kooperaci. Proto požadovaná přesnost výrobků není vysoká a tolerance vnějších rozměrů vyráběných dílů leží ve většině případů daleko nad přesností měřidel, která jsou na pracovištích k dispozici.

Jediným úskalím v přesnosti výrobků jsou v některých případech geometrické tolerance jako tolerance házení nebo soustřednost a tolerance polohy. Vzhledem k charakteru výrobků a neopakovatelnosti částí se ale takové případy řeší buď operativně ve výrobě (úpravou dílu) nebo konstrukční změnou na dílu, tak aby neměřitelná nebo příliš nízká tolerance nebyla pro správnou funkci nutná.

Obecně z inventury a rozboru procesů i dat o výskytu chyb ve výrobě vyplynulo, že s požadavky na přesnost nejsou ve firmě problémy a neexistují žádné nestandardní nároky.

3.2.2 Rozbor potřeb pro kalibraci, popř. ověřování měřidel

Firma Zippel je certifikována dle ISO 9001 a metrologické pořádky v podniku tedy musí splňovat požadavky této normy. Protože firma už úspěšně prošla jak certifikací, tak recertifikačními audity, byly v tomto ohledu minimální požadavky již splněny, ale zlepšení systematiky kalibrací a nakládání s měřidly a také příslušné dokumentace se objevilo v podnětech ze strany auditora ve zprávě z auditu a bylo tedy žádoucí najít potenciální možnosti zlepšení.

Obecně je největší výzvou neobvyklá struktura a rozdělení měřidel ve firmě, kdy firma vlastní nikoli velké množství měřidel, ale rozmanitost měřidel a měřených veličin je velká a také množství pracovišť a pracovníků, kteří s měřidly nakládají, je větší, než bývá obvyklé.

Proto je především nutné udržet v rámci firmy přehled o všech měřidlech a nastavit ideálně více než jeden proces, který zajistí, že budou dodrženy kalibrační intervaly a že měřidla budou vždy k dispozici a připravená k použití.

Dále vzhledem k různorodosti měřidel ale také velmi odlišné frekvenci jejich používání není při stanovení kalibračních intervalů vždy možné vycházet z obecných doporučení nebo stanovit stejné intervaly pro všechny měřidla.

Obecně je také ve firmě upřednostňováno, aby kalibrace probíhaly, pokud možno interně, nejen z ekonomických důvodů, ale i proto, že měřidla s různými kalibračními intervaly a frekvencí používání jsou umístěna na různých pracovištích a koordinovat odeslání měřidel na kalibraci v jednom termínu nebo zajistit kalibraci přímo na místě v jednom termínu je logisticky téměř neřešitelné.

Externí kalibraci některých měřidel, především složitějších elektronických měřicích systému se sice nelze zcela vyhnout, ale obecně panuje snaha držet počet zařízení, která je nutno kalibrovat externě, nízký.

Pozitivní zjištění ovšem je, že velká část zaměstnanců ve výrobě i zákaznickém servisu stejně jako v elektrické a mechanické konstrukci je dostatečně formálně i prakticky kvalifikovaná,

takže pokud interní kalibraci dovoluje technické zázemí firmy, není problematické zajistit její provedení.

Dalším pozitivem je, že firma trvale nevlastní a nepotřebuje vlastnit žádná stanovená měřidla a množství měřidel, která fakticky slouží k prokázání konformity výrobku, je ve výsledku spíše nízké. Důvodem pro to je především rozsáhlé využití měřících senzorů a techniky přímo ve stroji, které se nakupují kalibrované a s certifikátem od dodavatele a opouštějí firmu spolu s výrobkem, tedy není nutné jim pravidelně a opakovaně věnovat pozornost.

Hlavním úkolem v rámci práce tedy byla organizační a dokumentační stránka kalibračního procesu a jeho sjednocení v rámci firmy, tak aby byl transparentní i napříč odděleními a jasné vymezení odpovědnosti za jednotlivá měřidla.

3.2.3 Rozbor nároků na měřidla a kalibrační postupy z hlediska výrobního procesu

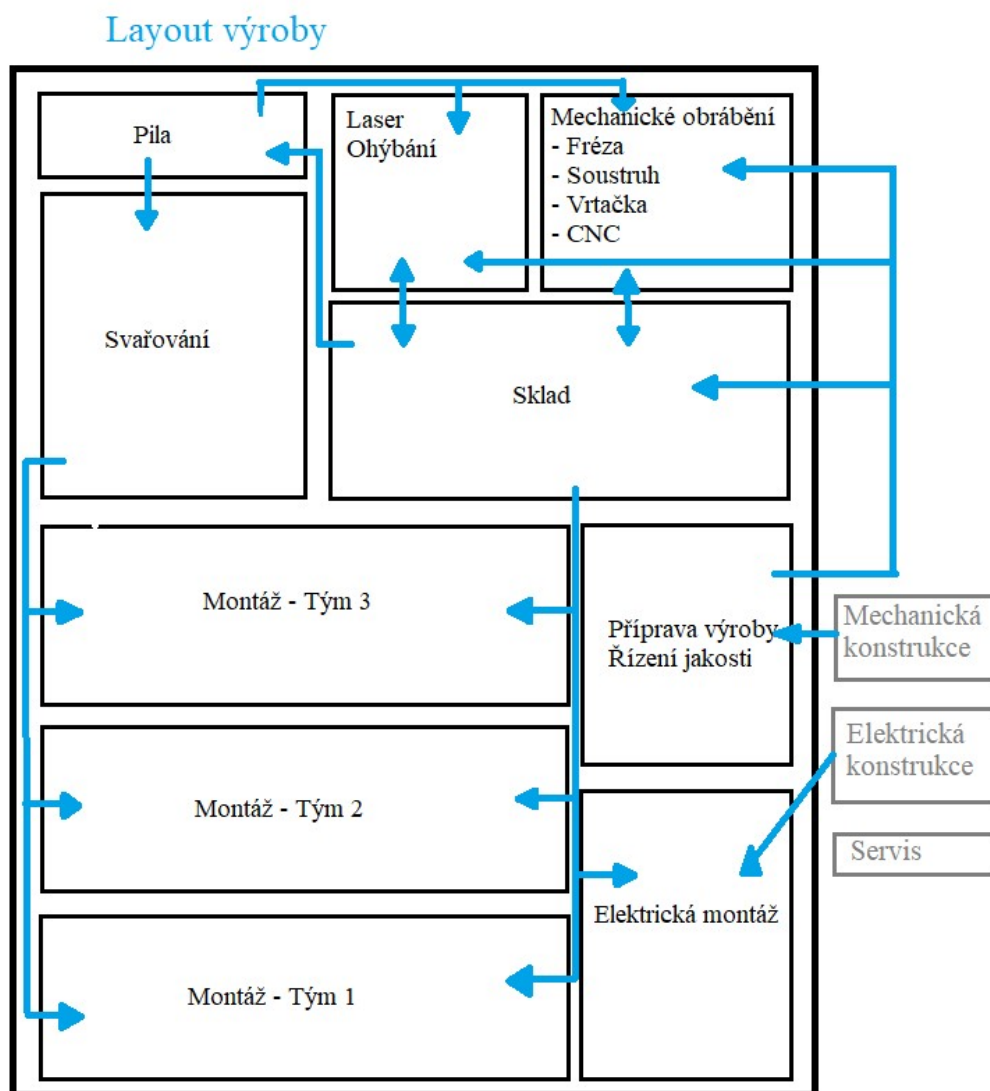
Protože je firma Zippel zaměřená na ryze kusovou výrobu a vyráběné stroje, a tedy i jejich části mají velké rozměry a hmotnost, je nutné integrovat měření do procesu výroby a provádět měření přímo na daných pracovištích. Pro ilustraci níže layout výrobní haly se znázorněnými toky materiálu a pracovních podkladů.

Z tohoto důvodu nejsou ve firmě k dispozici měřidla jako délkoměry nebo 3D měřicí systémy ani jiná stacionární měřidla velkých rozměrů.

Většina běžně v procesu užívaných měřidel je rozmístěná na pracovištích. Největší množství měřidel je soustředěno na pracovišti mechanického obrábění, kde také probíhá nejintenzivnější kontrola rozměrů. V minulosti také interní kalibrace a správu měřidel zajišťoval pověřený zaměstnanec z tohoto pracoviště. Proto některé praktické části metrologického řádu a kalibračních postupů vznikly ve spolupráci právě s obráběči tak, aby systém odpovídal jejich potřebám a aby případně i v budoucnu bylo možné ponechat některé úkony spojené se správou měřidel právě na tomto pracovišti.

Z důvodu rozptylu měřidel mezi pracovišti je nutné v metrologickém řádu popsat a definovat způsoby skladování a zodpovědnosti s ohledem na požadavek normy ISO9001 [2] na zabezpečení měřidel proti manipulaci.

Další pracoviště s vyšší koncentrací měřidel je kancelář přípravy výroby a řízení jakosti. Oddělení řízení jakosti koordinuje a provádí závěrečné testování strojů, dle požadavků zákazníka a platných norem a zákonů a spravuje také veškerá k tomu potřebná měřidla, etalony nutné pro kalibraci a další specializovaná měřidla pro příležitostné použití. Toto pracoviště má také vhodné podmínky pro kalibraci a přesnější měření, protože prostředí není prašné a má stálou teplotu a vlhkost vzduchu.



Obrázek 6 Layout výroby

Zjednodušeně vypadá výrobní proces ve vztahu k metrologii následovně:

1. Materiál, polotovary a agregáty jako pohony, čerpadla, elektronická komponenty aj. Stejně jako komponenty stroje vyrobené v kooperaci jsou doručeny do skladu. Nákup ve firmě je decentralizovaný, tedy např. pohony a čerpadla objednává oddělení mechanické konstrukce, elektrotechnické komponenty jako rozvaděče, senzory a ovládací panely objednává oddělení elektrické konstrukce, oddělení nákupu objednává především polotovary a další spotřební materiál a oddělení přípravy práce zadává kooperace. Z toho důvodu neexistuje centrální kontrolní plán, ale objednavatel zadá do ERP systému, jaká kontrolní kritéria jsou pro daný produkt podstatná. Rozměrové parametry, většinou montážní rozměry, zkontroluje zaměstnanec ve skladu pomocí posuvného měřítka, hloubkoměru nebo úhломěru a shodu potvrdí v systému. Elektrické parametry ověří zaměstnanec oddělení elektrické montáže. Případné neshody sdělí zaměstnanec skladu objednavateli.
2. Obráběči a obsluha CNC laseru a ohýbačky si podle výrobního postupu vyžádají ze skladu materiál a podle výrobních výkresů vyrobí jednotlivé součásti. Poté změří všechny tolerované rozměry nebo rozměry, které jsou ve výkresu označeny jako kontrolní a podle potřeby součást dopracují. Shodné součásti pak odevzdají do skladu. Neshodné (např. pokud je nutná úprava rozměrů na výkresu) si nechávají na pracovišti.

Na pracovištích obráběčů je největší množství měřidel ve firmě, jsou zde k dispozici kromě posuvných měříttek, hloubkoměrů a úhloměřů i mikrometry, vnitřní a vnější a úchylkoměry.

3. Kromě toho je zde uložen i refraktometr, který se používá ke kontrole chladícího média. V rámci certifikace dle DIN EN 1090 určuje interní směrnice, že refraktometr podléhá metrologickému řádu a je klasifikován jako zkušební měřidlo, a tedy je zařazen v registru měřidel a pravidelně kalibrován.
4. V další části haly jsou vyráběny svařované díly, podle stejného systému jako díly obráběné. Vzhledem k převážně velkým rozměrům a hrubým tolerancím svařovaných konstrukcí jsou na pracovišti svářečů k dispozici pouze posuvná měřítka a úhloměry.
5. Dalším krokem výroby je montáž. Na pracovištích montáže se standardně nacházejí posuvná měřítka a hloubkoměry pro kontrolu montážních rozměrů. Kromě toho je využíván momentový klíč a tlakoměry.
6. V dalším kroku probíhá na stejném pracovišti ale prováděná jiným týmem zaměstnanců elektrická montáž. Z hlediska metrologie je podstatné, že v tomto kroku výrobního procesu jsou montovány a zapojovány veškeré senzory a snímače, které později monitorují parametry stroje.
7. Dále následuje programování stroje a poté první uvedení do provozu. V tomto kroku je vyžadováno přezkoušení dle VDE0113-1/DIN EN 60204-1, v průběhu, kterého se měří odpory a napětí na stroji, tento krok provádí externí firma.
8. Posledním krokem je testovací provoz. Ten je řízen zaměstnancem z oddělení kvality a podle interních směrnic nebo pokynů zákazníka. V rámci testování se ověřuje shoda s požadavky, jak kvalitativní, tak kvantitativní. V tomto kroku probíhá měření hluku dle interní směrnice založené na rodně norem DIN EN ISO 11200:2014. Dále dle typu stroje a požadovaných výsledků mytí se měří teplota umytého dílu na výstupu ze stroje a povrchové napětí a případně pH a konduktivita mycí lázně a její změny po několika mycích cyklech. Rozsah testů a způsob provedení se liší podle typu a komplexnosti stroje. Často je také požadována analýza technické čistoty dle ISO 16232/VDA19.1, která je ale zatím též zadávána externí laboratoři. Měření probíhají dle interních směrnic firmy Zippel nebo v některých případech dle směrnic zákazníka a mohou se velmi lišit v rozsahu i přesnosti, proto se firma ustálila na provádění měření hluku, teploty, pH a vodivosti ve vlastní režii a měření dle méně obvyklých požadavků zadává externě nebo je po dohodě provede zákazník. Výsledky z testovacího provozu se dokumentují v testovacím protokolu a protokolu o měření hluku.

Z hlediska procesů klade norma ISO 9001 některé všeobecné požadavky, které se přímo či nepřímo souvisí s metrologickými pořádky v podniku. [13]ISO 9001 požaduje v kapitole 4.4, aby organizace vybudovala, zavedla, udržovala v chodu a neustále zlepšovala SMK a zohlednila přitom všechny potřebné procesy a jejich vzájemné vlivy. Všechny potřebné procesy a jejich aplikace ve firmě musí být popsány.

Organizace musí dokumentovat a uchovávat informace potřebné k provádění procesů.

Dále se ISO 9001 odvolává na procesy k ověření shody na několika dalších místech.

8.1 Plánování a řízení provozu – musí být určena kritéria pro úspěšnost procesů a kritéria pro přijetí produktu nebo služby.

8.4 Řízení externě poskytovaných procesů produktů a služeb – organizace musí zajistit, že externě poskytované procesy, produkty a služby odpovídají stanoveným požadavkům.

8.5.1. Řízení výroby a poskytování služeb – v bodě c) k řízeným podmínkám výroby patří činnosti spojené s měřením a monitorováním v odpovídajících krocích procesu, aby bylo ověřeno, že jsou naplněny podmínky k řízení procesů a splněny požadavky k přijetí produktů a služeb.

Body 1 až 8 výše popisují zkráceně výrobní proces a jeho kroky z hlediska metrologie. Výrobní proces, stejně jako plánovací procesy a procesy spojené s ověřováním shody stroje s požadavky a procesy pro řízení externích produktů a služeb jsou popsány v rámci systému managementu kvality a obsahují i výše shrnuté kroky spojené s měřením.

Pro účely této práce tedy nebylo třeba se dále zabývat zkušebními plány ani přiřazením měřidel k procesům. Registr měřidel a metrologický řád se tak pouze odkazují na již existující procesy.

Popis samotných metrologických procesů (tedy nakládání s měřidly) ovšem chyběl stejně jako některé souvislosti s dalšími procesy. Tyto mezery uzavírají jedna procesy navržené a popsané v kapitole 3.3.2, příloha 1 a metrologický řád.

3.2.4 Rozbor potřeb z hlediska měřených veličin

Cílem rozboru potřeb z hlediska měřených veličin bylo především zjistit, zda firma vlastní všechna měřidla, která potřebuje pro dokazování shody (případně zda má externího dodavatele, který tato měření provádí) a zda měřidla, která jsou k dispozici, jsou pro své nasazení vhodná a v odpovídajícím stavu.

Vzhledem k tomu, že na všech pracovištích pracují zaměstnanci s odpovídajícím vzděláním, a tedy i pracovníci ve výrobě jsou minimálně vyučeni v technických oborech, byla většina měřidel postupně pořízena podle potřeb daného pracoviště. V tomto ohledu tedy nebyly zjištěny žádné nedostatky, měřidel je dostatek, ve vhodném stavu a vhodně zvolených z hlediska přesnosti a měřených rozměrů.

Dva nedostatky byly zjištěny v oblasti normálů. Úhlooměry, které aktivně používají zaměstnanci u laseru a svářeči, nebyly zařazeny mezi zkušební měřidla a nebyly tudíž kalibrovány. Po jejich zařazení mezi zkušební měřidla bylo nutné pořídit kalibr úhlu s kalibračním protokolem.

Stejný problém byl zjištěn s hlukoměrem, pro něj navíc příslušné normy předepisují, že kalibrátor zvukové hladiny k dispozici být musí. Byl tedy pořízen i kalibrátor hladiny zvuku přesnosti 1.

Jedna kategorie měřidel se odlišuje od ostatních, a to jsou měřidla, která jsou pevně montována na stroje (většinou senzory a manometry) a spolu se strojem opouští podnik, tedy starosta jejich kalibraci přechází na provozovatele stroje. Prakticky je tato situace řešená tak, že se nakupují s kalibračním certifikátem a nezapisují do evidence měřidel. Z hlediska dokumentace je ale nutné interval stanovit, proto je stanoven na 25 let, tedy zhruba životnost stroje.

V případě materiálů jako testovací inkousty a pH papírky spočívá ověření v kontrole trvanlivosti, proto je interval nejkratší.

Zbylá struktura měřidel zůstala zachována a její přehled je shrnut v následující tabulce. Vysvětlení ke kategorii a kalibraci viz *Metrologický řád*.

Veličina	Měřidla	Kategorie	Interval	Kalibrace
Vnější a vnitřní rozměry součástí	Posuvná měřítka	Zkušební	1 rok	Interní
	Hloubkoměry	Zkušební	1 rok	Interní
	Úhlooměry	Zkušební	1 rok	Interní
	Mikrometry	Zkušební	1 rok	Interní

Geometrické tolerance	Úchylkoměry	Zkušební	1 rok	Interní
	Válečkové kalibry do díry	Zkušební	5 let	Externí
	Etalony (délka a úhel)	Zkušební	10 let	Externí
Hluk	Hlukoměr	Zkušební	1 rok	Interní
	Kalibrátor zvukové hladiny	Zkušební	2 roky	Externí
pH čistících chemikálií	pH metr	Pomocné	2 roky	Interní
	pH papírky	Pomocné	6 měsíců	Interní
	pH senzor	Zkušební	25 let (kalibrace před dodáním)	Externí
Vodivost čistících chemikálií	Konduktometr	Pomocné	2 roky	Interní
	Vodivostní senzor	Zkušební	25 let	Externí
Elektrické parametry	Multimetry	Zkušební	2 roky	Externí
	Zkoušečka spotřebičů	Zkušební	2 roky	Externí
Tlak	Manometry	Zkušební	25 let	Externí
	Tlakové senzory	Zkušební	25 let	Externí
Průtok	Průtokové senzory	Zkušební	25 let	Externí
Povrchové napětí vyčištěných dílů	Testovací inkousty	Zkušební	6 měsíců	Externí
Teplota	Dotykový teploměr	Zkušební	2 roky	Externí
	Teplotní čidla	Zkušební	25 let	Externí

Tabulka 5 Kategorizace a kalibrace měřidel

3.3 Kroky vyplývající z výsledků inventury a rozboru metrologické situace

3.3.1 Návrh nového registru měřidel

Původní registr měřidel tvořily čtyři samostatné tabulkové dokumenty vytvořené v programu MS Excel. Tyto dokumenty pak byly při každoroční kalibraci vytištěny a založeny do pořadače, který byl k nahlédnutí u manažera kvality.

Elektronická verze byla uložena na interním úložišti spolu s ostatní dokumentací k certifikátu ISO 9001.

Zaměstnanci tedy neměli přehled, která měřidla jsou ve firmě k dispozici, což v minulosti vedlo k nákupu duplikátů a také k nezařazení na seznam měřidel a tím překračování kalibračních intervalů.

Po domluvě se zaměstnanci ve výrobě a manažerem kvality byla papírová dokumentace uzavřena a archivována a evidence měřidel byla převedena do jednoho dokumentu s možností třídění a zvýraznění blížícího se data další kalibrace.

Tento dokument byl přesunut do složky s přístupem pro všechny zaměstnance.

Původní papírový systém dával v době svého zavedení smysl, protože ne všichni zaměstnanci ve výrobě měli přístup k PC, ale v době vypracování této práce byl již na každém pracovišti k dispozici počítač s přístupem k firemní síti, a proto mělo z mého pohledu smysl zavést jednotný registr, ve kterém zaměstnanec snadno vyhledá např. na kterém pracovišti je

mikrometr konkrétního rozsahu nebo kolik měřidel na jeho pracovišti bude v blízké době nutné zkalibrovat.

Nr	Bezeichnung	ID	Prüfintervall	Lagerort	Größe	Status	Prüfdatum	Prüfer	
1	Tiefenmass	201	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 200 mm		18.05.2020	K.Zakova	geprüft/kalibriert
2	Tiefenmass	202	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 200 mm		18.05.2020	K.Zakova	nicht auffindbar/ verschrottet/ Problem/nicht kalibriert
3	Tiefenmass	203	1 Jahr	Fräseerei	0 - 300 mm	X			Mitarbeiter nicht mehr da
4	Tiefenmass	204	1 Jahr	Lager Schrank	0 - 300 mm	X			
5	Tiefenmass	205	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 300 mm		18.05.2020	K.Zakova	
7	Tiefenmass	207	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 350 mm	1	16.08.2021	K.Zakova	
8	Tiefenmass	208	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 400 mm		18.05.2020	K.Zakova	
9	Tiefenmass	209	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 500 mm	1	16.08.2021	K.Zakova	
10	Tiefenmass	210	1 Jahr	Hr. Märkl C.	0 - 250 mm	X			
11	Tiefenmass	211	1 Jahr	Lager schrank	0 - 200 mm	1	09.08.2021	K.Zakova	
12	Tiefenmass	212	1 Jahr	Lager schrank	0 - 200 mm	1	09.08.2021	K.Zakova	
13	Tiefenmass	213	1 Jahr	Lager schrank	0 - 200 mm	1	09.08.2021	K.Zakova	
14	Tiefenmass	214	1 Jahr	Dreherei	0 - 200 mm	X			
15	Tiefenmass	215	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 200 mm	1	16.08.2021	K.Zakova	
16	Tiefenmessschraube	216	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 100 mm	1	09.08.2021	K.Zakova	
17	Tiefenmessschraube	217	1 Jahr	Schrank Dreherei	0 - 100 mm	1	09.08.2021	K.Zakova	
18	Tiefenmass	218	1 Jahr	Lager Schrank	0 - 300 mm	1	09.08.2021	K.Zakova	
19									
23	Statusübersicht:	1 = einsatzbereit		2 = bedingt einsatzbereit		3 = ausgesondert			
24	Geändert am:	05.05.2020							

Obrázek 7 Ukázka nového registru

3.3.2 Návrh metrologických procesů

Inventura měřidel a s ní spojené rozhovory se zaměstnanci na jednotlivých pracovištích ukázala, že ačkoli existují postupy pro nakládání s měřidly, předávají se především ústně, a tak se na jednotlivých pracovištích lišily informace o tom, jak v kterém případě postupovat. Zatímco na častých postupech např. jak měřidla správně skladovat a čistit se zaměstnanci shodli, případy, které nastávají méně často např. pořízení nového měřidla, už nebyly jasné a názory na to jak postupovat se lišily.

Z toho vyplynula nutnost definovat základní metrologické procesy a popsat je. Z popisu zaměstnanců a následnou úpravou a porovnáním s výrobními a nákupními procesy vznikly popisy pěti procesů:

- Plánování měření
- Správa měřidel
- Kalibrace
- Vyřazení měřidla z provozu
- Zařazení měřidla do provozu

Popisy procesů slouží především k orientaci během auditů, přiřazení dokumentů a odpovědností k procesním krokům a případně uvedení nového zaměstnance do problematiky.

3.3.3 Návrh podpůrných dokumentů

Z požadavků normy ISO 9001 (Kapitola 8.1 bod e) vyplývá, že firma je povinna uchovávat dokumenty, které prokazují shodu produktu s požadavky, a totéž vyplývá i z ES 42/2006.

Dále musí být dokumentovány a uchovány informace, které prokazují způsobilost měřidel a metrologickou návaznost jejich kalibrací (kapitola 7.1.5).

A vedle toho musí být uchovány všechny dokumenty, které prokazují, že firma splňuje požadavky normy ISO 9001, tedy např. Popisy jednotlivých procesů.

V návaznosti na tyto požadavky byly k metrologickému řádu, který je předmětem této práce, vytvořeny podpůrné dokumenty.

Tyto dokumenty jsou dvojího typu. Dokumenty prvního typu jsou popisy procesů, postupů a pravidel, které firma používá k řízení a monitorování metrologického pořádku. To jsou popisy metrologických procesů, metrologický řád a pracovní postupy měření a kalibrační postupy.

Dokumenty druhého typu jsou předlohy formulářů, které slouží ke sjednocení a zjednodušení dokumentace výsledků měření a kalibrací a k záznamům o řízení a monitorování nakládání s měřidly.

Původní dokumentace zahrnovala:

- Stručný metrologický řád
- Kalibrační postup pro posuvná měřidla
- Evidence posuvných měřidel, hloubkoměrů, mikrometrů a úchylkoměrů
- Předtisky kalibračních listů a vyplněné kalibrační listy z předchozích let (v papírové formě)
- Schéma přiřazení statusu měřidla po kalibraci
- Kalibrační protokoly o externí kalibraci

Přehled nově vytvořených nebo přepracovaných dokumentů zobrazuje následující tabulka.

Popisy procesů a postupů	Popisy procesů	Metrologický řád	QM-VA-006, Kap. 3.4
		Plánování měření	P-SUP-01_701, Příloha 1
		Správa měřidel	P-SUP-01_702, Příloha 1
		Kalibrace	P-SUP-01_703, Příloha 1
		Vyřazení měřidla z provozu	P-SUP-01_704, Příloha 1
		Zařazení měřidla do provozu	P-SUP-01_705, Příloha 1
	Kalibrační postupy	Posuvné měřítko	QM-KA-001, Příloha 2
		Vnější mikrometr	QM-KA-001
		Vnitřní mikrometr	QM-KA-001
		Hloubkoměr	QM-KA-001
		Úhломěr	QM-KA-001
		Konduktometr a pH metr	QM-KA-001
		Úchylkoměry	QM-KA-001
		Refraktometr	QM-KA-001
		Hlukoměry	QM-KA-001, Příloha 3
		Pracovní postupy	Měření hluku
	Měření pH a vodivosti		QM-AA-025
	Měření povrchového napětí		QM-AA-027, Příloha 4
	Formuláře	Přehledy	Přehled pořizovaných měřidel
Protokoly		Protokol o vyřazení	QM-024
		Protokol o kalibraci	KM-008, Příloha 5
		Protokol o měření	QM-033
		Testovací protokol	QM-015
	Protokol o měření hluku	QM-028, Příloha 6	

Tabulka 6 Přehled dokumentů k metrologii v podniku

Vzhledem k rozsahu některých dokumentů a jejich opakující se struktuře nejsou součástí přílohové části této práce všechny uvedené dokumenty.

Pro ty, které v příloze k nalezení jsou, je v tabulce vždy uvedeno číslo přílohy. U všech dokumentů jsou uvedena interní kódová označení, protože některé dokumenty na sebe vzájemně odkazují

Jako podklad pro tvorbu dokumentace posloužila kromě normy ISO 9001 [2] a norem specifických pro jednotlivá měřidla a metody měření, především norma DIN 32937 [14], která dále specifikuje nakládání s měřidly v rámci podniku podrobněji než ISO 9001 a mimo jiné specifikuje, že směrnice *Německé Kalibrační Služby* (DKD) jsou postačující a smějí být použity

jako podklad pro interní kalibraci měřidel v podniku (podklad pro kalibrační postupy), specifikuje jak nakládat s měřidly, která mají být vyřazena (podklad pro definici procesu na vyřazení měřidel a protokolu o vyřazení), a definuje, jak má být rozhodnuto o vhodnosti měřidla pro daný účel a jaké údaje má obsahovat evidence měřidel.

Dále jako podklad posloužila příručka *Německé Společnosti pro Jakost (DQG), Prüfmittelmanagement (Správa měřidel)* [13], která dále rozvádí jednotlivé požadavky norem a odkazuje na další normy a shrnuje vědecké a praktické poznatky k jednotlivým krokům, které je třeba specifikovat při zavádění nového metrologického řádu ve firmě.

Dokumenty byly dále vypracovány v souladu s interní směrnicí firmy Zippel QM-AA-016 *Dokumentenlenkung (Správa dokumentů)* která je součástí systému řízení jakosti ve firmě.

3.3.4 Pracovní a kalibrační postupy

Obecně jsou jako podklad pro kalibrační postupy doporučované normy DKD (německé kalibrační služby) nebo normy některého svazu inženýrů, VDI/VDE/VDA. Normy DKD jsou dostupné zdarma, normy svazů jsou většinou spojené s členstvím nebo je možné je zakoupit.

Mohou ale nastat případy, kdy pro dané měřidlo nebo měřicí systém žádná norma neexistuje a firma si přesto přeje provádět kalibraci interně. Nebo se jedná o měřicí systém, který si firma sama postavila či nechala postavit, a tak jej ani externě kalibrovat nelze.

Pro takový případ navrhuje DGQ také řešení [13]:

„Pro mnoho specifických měřidel a měřících systémů neexistují kalibrační směrnice nebo schválené postupy. V tom případě musí být navrhovaný kalibrační proces validován. Při validaci je dokázáno, že navrhovaný postup zajistí, že ověření a kalibrace ukáže, zda je měřidlo vhodné pro daný účel a jak zajistí metrologickou návaznost. To se zdokumentuje ve validačním protokolu a poté lze postupovat podle vlastního validačního protokolu.“

Protože firma Zippel má často specifické potřeby týkající se měření, zohledňuje metrologický řád i tuto možnost. Validací protokol pak připraví oddělení, které metodu navrhuje nebo v jehož kompetenci leží (tj. oddělení el. konstrukce pro elektronická měřidla a oddělení mechanické konstrukce pro mechanická měřidla případně oddělení kvality ve spolupráci s interním nebo externím odborníkem.)

3.3.4.1 Kalibrační postupy

Pro měřidla, která mají být kalibrována interně, byly vytvořeny kalibrační postupy s ilustracemi odpovídající platným normám. Nové kalibrační postupy vznikly především z důvodu, že v minulosti mohl kalibraci provádět vždy pouze zaměstnanec, který správný postup znal nebo si musel postup vyhledat, což nezaručovalo opakovatelnost postupu a znamenalo vysokou časovou náročnost. To způsobovalo zpoždění kalibrací a vysokou závislost procesu na konkrétních zaměstnancích.

V následujícím úseku je shrnuto, jak a na základě kterých norem jednotlivé postupy vznikly.

Posuvná měřidla

Kalibrační postup pro digitální a mechanická posuvná měřidla s měřitelným rozsahem do 2000 mm se zakládá na směrnici pro kalibraci posuvných měřidel [15] DKD-R 4-3 List 9.1 Německé Kalibrační Služby (DKD, viz kapitola 4.1).

Postup je doplněn o praktické kroky pro údržbu měřidla a kontrolu funkčnosti a pokyny k dokumentaci.

Hloubkoměry

Kalibrační postup pro hloubkoměry s měřitelným rozsahem do 1000 mm se zakládá na směrnici pro kalibraci posuvných měřidel [15] DKD-R 4-3 List 9.2 Německé Kalibrační Služby.

Postup je doplněn o praktické kroky pro údržbu měřidla a kontrolu funkčnosti a pokyny k dokumentaci.

Mikrometry vnější a vnitřní

Kalibrační postupy pro mikrometry vnější a vnitřní s 2- a 3-bodovým dotykem se zakládají na směrnicích pro kalibraci mikrometrů [16] [17] [18]DKD-R 4-3 Listy 10.1, 10.7 a 10.8 Německé Kalibrační Služby.

Postup je doplněn o praktické kroky pro údržbu měřidla a kontrolu funkčnosti a pokyny k dokumentaci.

Úhломěry

Kalibrační postup pro úhломěry se zakládá na směrnici pro kalibraci úhломěrů [19] DKD-R 4-3 List 7.2 Německé Kalibrační Služby.

Postup je doplněn o praktické kroky pro údržbu měřidla a kontrolu funkčnosti a pokyny k dokumentaci. Příloha 4

Úchylkoměry

Kalibrační postup pro úchylkoměry se zakládá na směrnici pro kalibraci úchylkoměrů [20] DKD-R 4-3 List 11.1 Německé Kalibrační Služby.

Postup je doplněn o praktické kroky pro údržbu měřidla a kontrolu funkčnosti a pokyny k dokumentaci.

Měřič hluku

Kalibrace měřiče hluku je popsána v uživatelské příručce výrobce a bylo tedy pouze nutné stanovit kalibrační interval, tak aby odpovídal požadavkům normy ISO 11200, dle které firma provádí měření. Obsah dokumentů se opírá příručky k měření hluku ve firmách [21] [22] které jsou založeny právě na rodině norem ISO 11 200.

3.3.4.2 Pracovní postupy

Protože ve výrobě pracují pouze zaměstnanci s patřičnou kvalifikací, nejsou pracovní postupy pro většinu měření ve formě dokumentu nutná.

Pro tři často se opakující měření v rámci závěrečného testování stroje, byly ale vytvořeny přesnější pracovní postupy měření jako opatření proti nekonzistentním výsledkům jednotlivých měření a kvůli možnosti dlouhodobě s daty z těchto měření pracovat v rámci kontinuálního zlepšování procesů.

Popsány byly následující postupy:

- Měření pH
- Měření hluku
- Měření povrchového napětí

3.3.4.3 Předtisky

Předtisky vznikly v důsledku toho, že z rozhovorů se zaměstnanci vyplynulo, že je dokumentace v souvislosti s měřením a kalibracemi často zdlouhavá, protože neexistují jednotné předlohy, a ten kdo měření provádí, si musí pokaždé celý protokol vytvořit nebo vyhledávat předlohu v původní dokumentaci a tu přepracovávat. To vedlo v minulosti k chybám v dokumentaci nebo k omezení dokumentovaných měření na minimum, aby se snížila časová náročnost procesů.

Protokol o kalibraci

Nový univerzální protokol o kalibraci byl vytvořen v MS Excel tak, aby zautomatizoval část vyplňování údajů (výpočet odchylky) a vyhovoval univerzálně pro všechna měřidla, která se ve firmě interně kalibrují.

Nahradil tak nepraktické původní protokoly, které byly tvořeny pro každé měřidlo zvlášť a vyplňovány ručně.

Protokol o vyřazení měřidla

Protokol o vyřazení měřidla byl vytvořen na základě požadavků normy DIN 32937 [14], která v bodě 7.5 *Vyřazování a likvidace měřidel*, specifikuje, že:

„Měřidla, která již neslouží svému účelu ztrácí svůj status, může jim být přiřazen nový status odpovídající stavu a mohou být dále využívána k účelu, pro něž jejich vlastnosti stále postačují. Označení musí být patřičně změněno a změna musí být zdokumentována.

Pokud je poškození nevratné a vlastnosti měřidla jsou ovlivněny do té míry, že již nemůže být využito k žádnému účelu v rámci metrologie podniku, musí být měřidlo zlikvidováno.

Likvidace měřidla musí být zdokumentována a proběhnout s ohledem na životní prostředí.“

Aby dokumentace byla jednotná a rychlá, vznikl protokol o vyřazení.

Protokol o měření hluku


Protokol o měření hluku vznikl jako jednotný dokument, který slouží jako důkaz provedení měření hluku v souladu s řadou norem ISO 11200-11204.

Stroje firmy Zippel ve většině případů překračují hranici hluku 70 dB, proto je firma na základě směrnice Evropského parlamentu 2006/42/EG povinna provést měření hluku vyzařovaného stroji a zařízeními.

Protokol o měření (obecný)

Pro měření v rámci analýzy chyb nebo na základě požadavků zákazníka byl vytvořen jednotný protokol o měření, který má sloužit především k urychlení procesů. Pro specifické málo používané metody je stále nutné vytvořit samostatný protokol, ale pro jednoduchá měření vnějších rozměrů, pH, povrchového napětí apod. v rámci testování stroje je protokol vyhovující.

3.4 Metrologický řád podniku

	Směrnice			Číslo
				<i>QM-VA-006</i>
	Zveřejněno: 28.10.2020	Aktualizováno:	Verze: 1	Strana: 45 z 61
Makro proces: Příručka kvality		Oddělení: QM		Kristýna Žáková

1 CÍL

Tento metrologický řád popisuje, jak je ve společnosti Zippel GmbH nakládáno se zkušebními a měřicími zařízeními, jak jsou monitorována a jak je zajištěna shoda měření.

2 ROZSAH PŮSOBNOSTI

Tento řád platí pro celý areál firmy a pro všechny zaměstnance firmy jak v areálu firmy, tak i při práci mimo firmu.

3 ODPOVĚDNOST

Manažer kvality = Ověřování účinnosti, řízení a kontrola dodržování metrologického řádu
Vedoucí oddělení = Prosazování a kontrola dodržování metrologického řádu, kontrola a uchování dokladů o shodě

Všichni zaměstnanci = Správné zacházení s měřidly, volba vhodného měřidla, ochrana před poškozením a manipulací, ohlášení poškození, neshody měření, potřeby kalibrace nebo návrhu na pořízení nového měřidla.

4 POPIS

Mezinárodní norma DIN EN ISO 9001 požaduje, aby organizace:

1. Určila a dala k dispozici všechny prostředky potřebné k zajištění platných a spolehlivých výsledků monitorování a měření k prokázání shody produktů a služeb se stanovenými požadavky.
2. Zajistila, že jsou tyto prostředky neustále v bezvadném stavu a vhodné pro účel, pro který jsou určeny
3. Zajistila zaručení metrologické (metrologické) návaznosti
4. Zajistila, že výsledky měření jsou vždy platné a v případě jakýchkoli pochybností jsou podniknuty kroky k jejich ověření a opravě.

Tento metrologický řád popisuje a definuje procesy, které se k tomu ve společnosti Zippel GmbH používají.

4.1 STANOVENÍ A POSKYTNUTÍ ZDROJŮ

Požadavky zákazníků jsou průběžně kontrolovány, od poptávky až po konečnou přejímku, to je definováno v procesu *Průběh projektu*. V rámci toho se také ověřuje, jakým způsobem se má prokazovat splnění požadavků a zda jsou k dispozici všechny zdroje a potřebné znalosti o nich. Mohou nastat tři situace:

1. Patří k obvyklým požadavkům a byly již v minulosti realizovány nebo dokonce patří k již existujícímu procesu. V tom případě jsou k dispozici zdroje a znalosti a pouze se ověří, zda jsou všechna měřicí a zkušební zařízení k dispozici a připravena k použití a případně zda existují postupy ve formě pracovních pokynů.
2. Rozsah testování a měření k ověření shody s požadavky a příslušné zdroje jsou specifikovány zákazníkem a jsou buď poskytnuty, nebo zakoupeny speciálně pro daný projekt podle specifikací zákazníka, nebo objednány od externích poskytovatelů služeb.
3. Jsou zapotřebí nové zdroje a postupy. Poté je odpovědné oddělení ve spolupráci s managementem kvality prozkoumá a stanoví postup a pořídí zdroje nebo vyžádají služby od externích dodavatelů.

Pořízení nových měřidel je dokumentováno ve formuláři *QM-036 Nová měřidla*. S jeho pomocí lze dohledat, odkud byla pořízena a kým a zda a kdy byla schválena a zařazena do provozu a kým.

Měřicí a zkušební zařízení jsou evidována v seznamu se svým názvem a výrobním číslem a případně s interním identifikačním číslem, aby bylo možné je jednoznačně identifikovat. Seznam pak obsahuje i status a případně další základní informace (jako je výrobce, rozsah

měření, přesnost, datum kalibrace, místo uložení atd.), aby bylo možné kdykoli ověřit, které z nich jsou dostupné a připravené k použití.

Pro měřidla, jejichž ovládání není snadno srozumitelné nebo obecně známé, jsou vytvořeny interní směrnice pro správné použití. O tom, zda je vznik takové směrnice potřebný, rozhoduje manažer kvality na základě procesních údajů a kvalifikace zúčastněných zaměstnanců.

Kalibrační postupy jsou vytvořeny pro všechna měřicí zařízení, která jsou kalibrována interně. Zařízení, jejichž použití vyžaduje zaškolení, se skladují samostatně pod dohledem odpovědné osoby nebo např. v uzamčené místnosti či skříni. Odpovědná osoba pak zajistí, aby byla vydána pouze osobám, které byly příslušně poučeny.

S měřicími a zkušebními zařízeními poskytnutými zákazníkem se nakládá jako s majetkem zákazníka dle příslušné interní směrnice pro nakládání s majetkem zákazníka. Nejsou evidovány v inventárním seznamu. Jejich jasná identifikace však musí být nalezena v odpovídajícím protokolu o měření nebo v jiné dokumentaci. Příslušnou dokumentaci, která dokazuje způsobilost měřidla, si vedoucí projektu nebo manažer kvality vyžádá od zákazníka.

4.2 ZNAČENÍ A KATEGORIZACE MĚŘIDEL

Pro snadné rozlišení a přehlednou správu jsou měřidla pro účely tohoto dokumentu rozdělena do tří skupin:

Zkušební měřidla = Měřicí zařízení, kterých se užívá pro zkušební a testovací účely, tedy veškerá měřicí zařízení, která slouží ke kontrole a ověřování shody s požadavky zákazníka. Tyto podléhají PMŮ a platí, že:

- Jsou zapsána v registru sériovým číslem a/nebo interním ID číslem a pokud číslo není na první pohled rozpoznatelné, také viditelně a trvale označeno (například pomocí laseru, gravírovacího strojku, vhodného nesmyvatelného popisovače nebo dobře držící etikety s ohledem na uložení a použití měřidla, tedy např. Denně používané posuvné měřítko bude třeba gravírovat, občasně používaná sada testovacích inkoustů si vystačí s voděodolnou etiketou).
- Je stanoven ověřovací případně i kalibrační interval, který odpovídá použití, požadované přesnosti a zátěži.
- V tomto intervalu, v závislosti na typu a požadavcích, je zkušební zařízení zkalibrováno, seřízeno, ověřeno a v případě potřeby vyčištěno a opraveno a zkontrolován celkový stav.
- Skladovány tak, aby nemohlo dojít k neoprávněné manipulaci nebo zhoršení jejich seřízení a provozní připravenosti.
- Pokud byla provedena kalibrace, musí být měřicí zařízení označeno štítkem „kalibrováno“ s měsícem a rokem poslední kalibrace. Není-li taková nálepka k dispozici nebo bylo zmeškáno datum rekalibrace, měřicí zařízení se již automaticky nepovažuje za kalibrované, přesouvá se do kategorie *pomocná měřidla* a nesmí být jako zkušební používáno, dokud nebude zkontrolován stav a v případě potřeby proběhne rekalibrace a nové označení.

Pomocná měřidla = Všechna ostatní měřicí zařízení, která se používají, ale neslouží jako důkaz shody. (např. měřicí zařízení, které se používá pro kontrolu veličin a vlastností, které jsou již monitorovány kalibrovanými snímači, měřicí zařízení, které se používá pro odstraňování problémů, měřicí zařízení, které se používá pro průběžné kontroly, a měřicí zařízení, které se používá po konečném převzetí a pro hrubou kontrolu. Pro něž platí:

- Jsou zapsána v registru s informacemi o identifikaci, jako je výrobce, měřicí rozsah, označení, místo uložení a případně také sériové číslo nebo interní ID číslo.
- Jsou každoročně kontrolovány a v případě potřeby servisovány, seřizeny nebo kalibrovány, nejsou však označeny nálepkou „kalibrováno“, a proto je nelze použít jako zkušební měřidla. Pokud má jejich použití jako zkušební zařízení smysl nebo je nezbytné, musí být překlasifikovány.

Pomocné prostředky k měření = jsou předměty nebo látky apod., které se používají společně s měřidly. Mohou to být stojany nebo držáky, nádoby, spotřební materiál atd. Nejsou evidovány a označeny, ale mělo by se s nimi zacházet se stejnou péčí jako s měřicími zařízeními a před použitím je třeba zkontrolovat stav a čistotu. V nejlepším případě by měly být skladovány společně s měřicím zařízením, aby se zabránilo použití pro jiné účely a minimalizovalo se tak riziko zkreslení výsledků měření.

Klasifikaci provede pracovník oddělení kvality a zapíše ji do registru.

Zařazení do kategorií musí odpovídat použití měřidla. Intervaly zkoušek musí být definovány tak, aby byla vždy zajištěna provozní připravenost a shoda výsledků měření. Čas a ekonomická náročnost by při hodnocení neměly hrát zásadní roli.

Následující příklady mohou sloužit jako vodítko.

- Mechanická měřicí zařízení používaná ve výrobě a ve skladu na vstupní kontrole, jako jsou posuvná měřítka, mikrometry atd., jsou zkušební měřidla a kalibrační interval by měl být jeden rok.
- Elektrická zkušební měřidla a měřicí zařízení, která se používají ke kontrole bezpečnosti stroje, jsou také zkušební měřidla a kalibrační interval by měl vycházet z doporučení výrobce. Tato měřidla jsou také vždy kalibrována externě.
- Všechna elektrická měřicí zařízení (zkušební I pomocná) by měla být kontrolována jednou ročně. Interval kalibrace testovacích zařízení by měl být 1 nebo 2 roky, v závislosti na citlivosti a frekvenci používání a informacích výrobce nebo požadavcích příslušné normy.
- U zřídka používaných měřidel a etalonů, která jsou kontrolována a kalibrována externě, by kalibrační interval neměl překročit 5 let u měřidel a 10 let u etalonů.
- Měřidla mohou být kdykoli přerazena z kategorie zkušebních do kategorie pomocných a naopak pokud se změní okolnosti jejich používání. Pomocné měřidla ale nikdy nesmí být použito k dokázání shody, pokud před tím nebylo zkalibrováno a nesplnilo všechny podmínky pro použití jako zkušební měřidla.
- Inventář měřicích pomůcek a všech ostatních měřicích zařízení by měl být kontrolován každoročně, data expirace (pokud lze aplikovat), množství, stav atd. Následně je dle potřeby aktualizován registr.
- Pro měřidla, která jsou užívána v rámci prokázání shody s platnou normou (např. Hlukoměr používaný pro měření hluku dle norem ISO EN 11 200) musí kalibrační intervaly odpovídat doporučení v dané normě. Týká-li se to více norem, musí odpovídat nejkratšímu doporučenému kalibračnímu intervalu.

4.4 METROLOGICKÁ NÁVAZNOST

U všech zkušebních měřidel musí být zajištěna metrologická návaznost. To znamená, že všechna zkušební zařízení musí být kalibrována externě nebo interně a musí být o tom uchovávány důkazy, aby bylo možné kalibrační řetězec vysledovat až k mezinárodním etalonům.

U všech měřicích zařízení, která jsou klasifikována jako zkušební měřidla, je třeba rozhodnout, zda má být kalibrováno interně nebo externě.

Interní kalibrace může proběhnout pouze v případě, že má společnost k tomu platnou směrnici (např. normy DKD, VDI nebo VDE nebo DIN nebo ISO) nebo interní směrnici sestavenou osobou s dostatečnou kvalifikací a dokáže vyhovět jejich požadavkům, např. teplota, měřicí stanoviště, čistota atd. a odpovídající etalony, kalibrační nástroje nebo jiná měřicí zařízení s ověřitelným kalibračním řetězcem, která jsou pro kalibraci vyžadována.

Kalibraci provádí zaměstnanec oddělení kvality nebo jím pověřená osoba.

Interní kalibrace jsou prováděny a dokumentovány podle kalibračních pokynů a dokumentace je uchovávána a chráněna před manipulací a ztrátou.

Všechny certifikáty a kalibrační protokoly od externích dodavatelů jsou rovněž uchovávány.

Veškerá zkušební měřidla jsou označena nálepkou „kalibrováno“. Pokud není možné nálepku nalepit přímo na měřidla z důvodu tvaru, velikosti nebo povrchu, měla by být kopie kalibračního certifikátu uschována přímo na místě uložení, aby stav mohl být okamžitě rozpoznán.

4.5 MONITOROVÁNÍ

Monitorování probíhá ve čtyřech krocích:

1. Správné skladování, které neovlivní přesnost měřidla. Obecně musí být měřidla skladována v suchu, chráněná před výraznými výkyvy teplot. Displeje, škály a nápisy musí být chráněny před poškrábáním, displeje navíc před přímým slunečním světlem. Přesná mechanická měřidla musí být chráněna před prachem a dalším hrubým znečištěním. Místo, kde je měřidlo skladováno, musí zajistit ochranu před manipulací a náhodným poškozením. To může být například zajištěno skladováním měřidel v uzamykatelných skříních nebo schránkách (např. Uzamykatelné vozíky na nářadí) nebo skladováním pod dohledem – například v kanceláři nebo na stále obsazeném pracovišti. Další přídatnou možností je přiřazení měřidel konkrétním osobám nebo pracovním skupinám
2. Pravidelné ověření nebo kalibrace (nebo oboje) dle ověřovacího plánu. Obnovování arzenálu měřidel a pravidelná péče.
3. Nákup měřidel ze spolehlivých zdrojů, tak aby bylo zajištěno, že odpovídají evropským normám. Dle potřeby nákup s kalibračním certifikátem ISO 9001 nebo DAkkS. To je nutné, například pokud interní kalibrace není (zatím) možná a měřidlo je plánované pro použití jako zkušební měřidlo. Důkladné informování se o možnostech kalibrace, podmínkách použití, přesnosti a měřeném rozsahu. Především s ohledem na platné normy a požadovanou přesnost měření nebo předepsané typy měřidel.
4. Zaměstnance vést k pečlivosti a povědomí o kvalitě a zajistit pravidelné proškolení v zacházení s měřidly a v případě potřeby poskytnout odpovídající pracovní postupy. Poučit zaměstnance o významu měření a naměřených výsledků a jejich případné odpovědnosti za správnost výsledků..

Pro skladování platí: Místo pro uskladnění měřidla musí být pro měřidlo vhodné, ale nesmí zaměstnance zdržovat nebo odrazovat od jeho používání.

Jako vodítko pro uskladnění měřidel platí:

Pracoviště obrábění	Měřidla jsou uložena ve skříni a psacím stole na pracovišti. Pracoviště se po konci směny zamyká, během směny je vždy obsazeno.
Pracoviště svářečů	Měřidla jsou uložena v uzamykatelných vozících na náradí. Každý svářeč odpovídá za svůj vozík a měřidla v něm. Měřidla jsou dle čísla přiřazena jmenovitě jednotlivým svářečům.
Pracoviště montáže	Měřidla jsou uložena v uzamykatelných vozících na náradí. Každý zaměstnanec odpovídá za svůj vozík a měřidla v něm. Měřidla jsou dle čísla přiřazena jmenovitě jednotlivým zaměstnancům.
Sklad	Měřidla jsou uložena v uzamykatelné skříni. Ve skladu jsou uložena i rezervní měřidla. Ta smí vydat a přiřadit zaměstnanci nebo pracovišti pouze zaměstnanec oddělení kvality.
Zákaznický servis	Měřidla jsou uložena v uzamykatelné skříni, ke které má přístup vedoucí oddělení, a základní měřidla jsou uložena v uzamykatelných vozících a kufrech na náradí v jednotlivých servisních vozidlech.
Měřidla elektrických veličin a senzory nebo snímače	Jsou uložena v dílně elektrotechniků. Dílna se po konci směny a v nepřítomnosti někoho z elektrikářů zamyká.
Měřidla na závěrečné testy	Jsou uložena v uzamykatelné skříni v kanceláři oddělení kvality.
Osobní měřidla konstruktérů	Jsou uložena v uzamykatelných psacích stolech

Tabulka 7 Doporučené skladování měřidel

V registru měřidel je ke každému identifikačnímu číslo přiřazeno pracoviště/místo uložení nebo jméno odpovědného zaměstnance. Měřidla, která během auditu nebo před koncem kalibračního intervalu nemohou být nalezena, musí být v registru příslušně označena a jejich kalibrace je dočasně neplatná, tedy nesmí být použita jako zkušební měřidla.

Pro dodržení ověřovacího a kalibračního plánu je důležité, aby byli zaměstnanci včas informováni a upomenuti, že se blíží konec kalibračního/ověřovacího intervalu. To je zajištěno následujícími způsoby:

4. Plán je veden v MS Excel a pomocí podmíněného formátování ukazuje barevně, zda se blíží konec intervalu nebo je již překročen.
5. Zaměstnanci, kteří se na kalibraci podílí (např. Musí umožnit přístup k měřidlům), jsou předem informováni E-mailem zaměstnancem oddělení kvality
6. Vytisknutý přehled je vyvěšen na začátku roku na nástěnce ve výrobě.
7. Zaměstnanci jsou poučeni, že musí pravidelně kontrolovat stav měřidel a přitom i kalibrační štítek, zda je nepoškozený a aktuální.

4.6 VYŘAZOVÁNÍ A LIKVIDACE MĚŘIDEL

Ke správě měřidel patří také vyřazování měřidel, která jsou například natolik poškozená, že již není možné je kalibrovat a nelze je opravit nebo to není ekonomicky smysluplné. Vyřazena mohou být také nadbytečná měřidla například při přechodu na jiný způsob měření nebo po rozhodnutí některá měřidla outsourcovat.

Tato měřidla se nemažou z registru měřidel, ale zůstávají v něm a jejich stav je označen jako *zlikvidováno*. Stejně jako u měřidel, která nejsou k nalezení. Jejich identifikační číslo není přiřazeno jinému měřidlu. Důvodem je nutnost měřidla zpětně dohledat, v případě, že se ukáže nesrovnalosti ve starších měřeních. Měřidla, která nemohou být opravena nebo jsou příliš zastaralá, jsou při vyřazení zapsána do *protokolu o likvidaci* zároveň se svým identifikačním číslem a fotografií a dle materiálu zlikvidována.

Měřidla, která jsou v dobrém stavu, ale nemají již ve firmě využití, mohou být prodána. Postup je podobný, do registru se zapíše *prodáno* a uchová se doklad o prodeji.

Tím je zaručeno, že starší měření mohou být vysledována zpět, ale zároveň je z registru měřidel zřejmé, která měřidla jsou k dispozici a mohou být použita jako zkušební. Zároveň se tím zamezí mylnému přiřazení starého identifikačního čísla novému měřidlu.

4.7 POSTUP PŘI ZJIŠTĚNÍ NESHODY VE STARŠÍCH MĚŘENÍCH

Je-li zjištěno, že dřívější výsledky měření byly nebo mohly být ovlivněny použitím nevhodného, poškozeného nebo manipulovaného měřidla nebo nevhodného měřicího postupu, musí být měření opakováno, a sice všechny jeho kroky, nejen ovlivněná část.

Není-li opakování měření možné, například protože byl produkt již vyexpedován nebo se změnil podmínky, musí být k původnímu měřicímu protokolu připojeno vysvětlení.

Z takových událostí musí být vždy vyvozeny důsledky. To provede oddělení kvality, v případě závažných chyb provede 8D, v případě méně závažných pouze navrhne opravné kroky.

To může být například:

- úprava pracovního postupu nebo vytvoření nového
- školení zaměstnanců ve správném postupu měření a zacházení s měřidly
- nákup nového měřidla nebo odborná oprava stávajícího
- recalibrace mimo kalibrační interval
- Konstrukční úpravy nebo úprava výrobního postupu nebo výkresové dokumentace

V případě, že jsou nesrovnalosti zjištěny až po dodání stroje zákazníkovi, rozhodne oddělení kvality spolu s vedoucím projektu a vedoucím zákaznického servisu, zda a jaký postup je nutný k zajištění nápravy a zda je nutný okamžitý zásah nebo např. pouze inspekce při další plánované údržbě stroje.

Jako i u jiných nápravných opatření, musí oddělení kvality v přiměřené době od zjištění nedostatku provést kontrolu účinnosti opatření.

4.8 DOKUMENTOVANÉ INFORMACE

Všechny informace, které dokazují vhodnost měřidel, jejich kalibrační status a shodu výsledků měření a metrologickou návaznost, musí být dokumentovány a uchovány. To zahrnuje především:

- Seznam všech používaných měřidel
- Vnitřní předpisy a dokumenty, které zajišťují opakovatelnost měření (popisy procesů, pracovní postupy, protokoly o měření a kalibraci)

- Doklady o externě provedené kalibraci (a opravách nebo seřízení měřidel)
- Doklady o interně provedené kalibraci
- Protokoly o likvidaci a doklady o prodeji
- Protokoly o testování a měření, které slouží jako důkaz shody s požadavky produktu nebo služby
- Externí zdroje, které slouží jako návod pro zacházení s měřidly například návody k použití, podnikové i mezinárodní normy, příručky, podklady z absolvovaných školení, dokumenty zpracované externími odborníky (předlohy, návody, výpočty).
- Obrazový materiál, který dokumentuje měření
- Validací protokol v případě vlastních kalibračních postupů, které se nezakládají na existující normě VDI/VDE/VDA nebo DKD.

4.9 OBECNÉ INTERNÍ PŘEDPISY PRO ZACHÁZENÍ S MĚŘIDLY

Firma Zippel je činná ve speciální strojírenství. Z toho vyplývá, že produkty jsou tím i procesy jsou komplexní a jsou kladeny vysoké požadavky na flexibilitu. To musí být zohledněno i v interních předpisech k zacházení s měřidly, vzhledem k tomu, že obvyklá standardní řešení jsou aplikovatelná jen do určité míry.

1. Pro málo užívaná měřidla kalibrovaná externě smí být stanoven kalibrační nebo ověřovací interval s dodatkem „nebo před použitím“. To má za cíl vyhnout se každoročním nákladům za kalibraci přístrojů, které se užívají méně často než jednou ročně nebo například přístrojů, pro které firma v daném okamžiku nemá kvalifikovanou obsluhu, ale nechce přístroj nebo měřidlo vyřadit
2. Každý zaměstnanec ve skladu, nákupu, prodeji, výrobě, mechanické a elektrické konstrukci, řízení projektů, oddělení kvality a zákaznickém servisu smí provádět měření. Z toho vyplývá, že každý, kdo provádí měření, uvede v měřicím protokolu své jméno a odpovídá za správnost výsledků, správnost postupu a za jemu svěřená měřidla a je povinen informovat projektový tým o případné neshodě výsledků s požadavky a oddělení kvality o problémech s měřidlem.
3. Každé oddělení smí po dohodě s oddělením kvality spravovat svá měřidla samo (zadávat externí kalibrace, provádět interní kalibrace, provádět měření a vystavovat protokoly o měření). Za dodržování tohoto metrologického řádu potom nese odpovědnost vedoucí oddělení a oddělení kvality toto minimálně jednou ročně zkontroluje v rámci interního auditu. Stejně tak smí každé oddělení odevzdat správu svých měřidel nebo její část do rukou oddělení kvality.
4. Pomocná měřidla a pomocné prostředky pro měření, která se používají pro:
 - Kontrolní měření mezi pracovními kroky, pokud se nejedná o poslední měření daného parametru
 - Měření, která slouží pro zjištění zlepšovacího potenciálu na pracovišti nebo produktu (například měření na produktu v rámci produktového auditu nebo experimentální měření pro potřeby konstruktérů)
 - Všeobecně měření, která neslouží jako důkaz o shodě s požadavky
 - Měření, která souvisí s prostorovým uspořádáním pracoviště
 - Měření po dodání produktu, pokud se parametr při transportu neměnil

jsou z působnosti tohoto metrologického řádu vyjmuta. Měřidla, která se používají výhradně pro tyto účely (například pravítka, skládací metry, laserové teploměry, neoznačená pásma, neoznačené etalony, které slouží k nastavení a jako pomocné pracovní prostředky, vodováhy a drobná neoznačená digitální měřidla jako kapesní váhy), nespádají do působnosti metrologického řádu. Smějí se nacházet volně na pracovišti a nemusí být uchována pod dohledem nebo v uzamykatelných prostorech.

Výše uvedená měření se nedokumentují a pokud dokumentována jsou, nemusí splňovat náležitosti norem a tohoto řádu. Nepodléhají žádnému monitorování. Pokud má následně takové měřidlo nebo měřící postup být použit k dokázání shody, musí být opakován s vhodnými měřidly a řádně zdokumentován. Nelze použít dřívější výsledky.

Nové měřící postupy, stanovení nejistot, nové kalibrační postupy, změny kalibračních a ověřovacích intervalů, zjištěné neshody měřidel a naměřených výsledků s požadavky, nákup nových měřidel a vyřazení stávajících a změny v metrologických procesech a metrologickém řádu musí být vždy schváleny manažerem kvality.

Přehled hlavních měřidel, jejich zařazení, ověřovacích intervalů a prováděné kalibrace:

Veličina	Měřidla	Kategorie	Interval	Kalibrace
Vnější a vnitřní rozměry součástí	Posuvná měřítka	Zkušební	1 rok	Interní
	Hloubkoměry	Zkušební	1 rok	Interní
	Úhlooměry	Zkušební	1 rok	Interní
	Mikrometry	Zkušební	1 rok	Interní
Geometrické tolerance	Úchylkoměry	Zkušební	1 rok	Interní
	Válečkové kalibry do díry	Zkušební	5 let	Externí
	Etalony (délka a úhel)	Zkušební	10 let	Externí
Hluk	Hlukoměr	Zkušební	1 rok	Interní
	Kalibrátor zvukové hladiny	Zkušební	2 roky	Externí
pH čistících chemikálií	pH metr	Pomocné	2 roky	Interní
	pH papírky	Pomocné	6 měsíců	Interní
	pH senzor	Zkušební	25 let (kalibrace před dodáním)	Externí
Vodivost čistících chemikálií	Konduktometr	Pomocné	2 roky	Interní
	Vodivostní senzor	Zkušební	25 let	Externí
Elektrické parametry	Multimetry	Zkušební	2 roky	Externí
	Zkoušečka spotřebičů	Zkušební	2 roky	Externí
Tlak	Manometry	Zkušební	25 let	Externí
	Tlakové senzory	Zkušební	25 let	Externí
Průtok	Průtokové senzory	Zkušební	25 let	Externí
Povrchové napětí vyčištěných dílů	Testovací inkousty	Zkušební	6 měsíců	Externí

Teplota	Dotykový teploměr	Zkušební	2 roky	Externí
	Teplotní čidla	Zkušební	25 let	Externí

5 ZDROJE

DIN EN ISO 9001

Achim Kistner, Bertram Schäfer. Prüfmittelmanagement. Mnichov : Deutschen Gesellschaft für Qualität e.V. (DGQ), 2015. Sv. DGQ-Band 13-61. ISBN 978-3-446-44264-1

6 PŘÍLOHY

Registr měřidel

Metrologické procesy

QM-036 Nová měřidla

QM-033 Protokol o měření

Protokol o kalibraci

Status měřidla

Protokol o likvidaci

	Odd.	Jméno
Připraveno:	QM	Kristýna Žáková
Zkontrolován:	QM	Danilo Wilhelm
Schváleno:	QM	Danilo Wilhelm

4 Zhodnocení

V průběhu sestavování metrologického řádu vyvstaly některé otázky, které bylo třeba objasnit pomocí další literatury a najít vhodné funkční řešení, které bude v souladu s normami i s fungováním firmy. V první části zhodnocení jsou tedy popsána řešení otázek, která nevyplývala z teoretické přípravy a rozboru situace.

Ve druhé části jsou shrnuta zlepšení, která práce firmě přinesla v průběhu zpracování a krátce po dokončení.

4.1 Zhodnocení práce na metrologickém řádu

V rámci této práce vytvořený metrologický řád je součástí SMK podniku. Metrologický řád popisuje nakládání s měřidly, doplňuje souvislosti, které chybí nebo nejsou zřejmé z popisu procesů, popisuje odpovědnosti a rozsah působnosti a poskytuje vodítka pro typické případy, které ve firmě nastávají.

Formát metrologického řádu je standardní formát interních směrnic ve firmě.

Postup návrhu vychází z navržené metodiky z kapitoly 2.5.62.5.6. V době sestavování metodiky ještě nebyly známy přesné praktické aspekty, a tedy se v průběhu psaní objevily některé nečekané výzvy, kterým bylo třeba obsah přizpůsobit. Zároveň se ukázalo, že některé kroky naopak nutné nejsou, protože již vyřešeny byly.

Hned první bod ze stanovené metodiky nebylo třeba dále řešit – inventura ukázala, že měřidla jsou v potřebném množství a dobrém stavu k dispozici, a i jejich skladování z velké části odpovídá požadavkům normy ISO 9001, proto nebyly v tomto ohledu třeba žádné změny a krok stanovení optimálního počtu měřidel byl vypuštěn.

Namísto toho byl popsán postup pro pořizování nových měřidel a zařazování do provozu a digitalizací a sjednocením registru měřidel a zavedením seznamu *QM-036 Nová měřidla* je přehledně řízeno přidávání nových měřidel do stávající struktury.

Stanovení odpovědností a digitalizace dokumentů proces zpřehlednily, a nebylo tak třeba snažit se stanovit přesné počty měřidel na pracoviště a snižovat tak flexibilitu.

Dalším krokem bylo zařazení měřidel do kategorií. To byl první problém, na který bylo třeba najít odpověď, protože i názory kolegů se lišily a vyvstaly dotazy jako například, zda je potřeba kalibrovat skládací metr nebo ocelová pravítka a vše je třeba dokumentovat.

V původním metrologickém řádu žádná kategorizace neexistovala, pouze měřidla v registru byla považována za „existující“ v rámci metrologického řádu, a automaticky tak získala kalibrační interval jeden rok.

Potřeba přesnější a flexibilnější kategorizace vyplynula především z dodavatelských auditů. Protože firma má zákazníky z automobilového průmyslu, který se většinou řídí normou IATF a má zcela jiné požadavky, vyvstávaly často nejasnosti, jak jsou měřidla rozlišena, a proto bylo třeba kategorizaci měřidel popsat konkrétněji, aby bylo možno v rámci auditu metrologický řád předložit a takové dotazy jasně zodpovědět.

Kategorizace vychází z knihy *Prüfmittelmanagement*, která rozdělení popisuje takto [13]:

„**Měření** podle DIN 1319-1 znamená provádění plánovaných činností ke kvantitativnímu srovnání měřené velikosti s jednotkou veličiny.

Měřidlo (Messmittel) je podle ISO 9000 měřidlo, software, etalon, referenční materiál nebo pomocné zařízení nebo jejich kombinace, které jsou potřebné k realizaci měřicích procesů.

Zkouška (Prüfung) je dle ISO 9000 určení shody se stanovenými požadavky pomocí měření, testování a srovnávání.

Zkušební měřidlo (Prüfmittel) jsou nástroje pro testování a měření a mohou být definovány jako Měřicí zařízení pro zkoušky kvality (DGQ 2012)

Zkouška a měření se tedy odlišují tím, zda jejich pomocí rozhodujeme o shodě výrobku s požadavky nebo ne. Pro měřidla a zkušební měřidla formálně takové rozdělení není, ale může být smysluplné ho uplatnit, pokud se jedná o rozhodnutí, zda je měřidlo nutné kalibrovat nebo ne.“

Toto dělení bylo v rámci metrologického řádu převzato ve formě rozdělení na zkušební a pomocná měřidla a vyloučení některých měřicích procesů z oblasti působnosti metrologického řádu. Například se tak metrologický řád nevztahuje na experimentální měření, která provádějí konstruktéři v rámci pokusů a prototypování nebo na to, když si pracovníci v montáži pomocí pásma vyměřují, jestli se jim sestava na pracoviště vejde nebo ne. To byly reálné situace, které byly v rámci dodavatelských auditů rozporovány a kdy nebylo vždy jasné, jak normu vyložit, a proto byla použita doporučená kategorizace dle DGQ.

Dalším krokem bylo stanovení kalibračních intervalů. Vzhledem k požadované flexibilitě zaujala možnost dynamického stanovení kalibračních intervalů. [13]

„Stále se objevují snahy o to, nestanovovat pevný kalibrační interval, ale promítnout do něj dynamicky četnost jeho užívání. To je pochopitelné vzhledem k tomu, že kalibrace je spojena s náklady, které nejsou nutné, pokud měřidlo téměř nebylo namáháno.

To lze provést například tak, že se z počtu měřených kusů nebo počtu měření obecně určí faktor opotřebenění a z něj se vypočítá kalibrační interval.

Samozřejmě jsou s tím spojeny vyšší organizační nároky a nároky na používaný software a takový výpočet neodráží skutečné opotřebenění, ale dává pouze odhad.

Z praxe funguje dobře následující postup. Interval se stanoví v jednotce času, např. měsících nebo pracovních dnech a systém po určitém počtu načtení měřidla do ERP systému zobrazí upozornění, kdy bude třeba kalibrace.“

Takové řešení by dávalo ve firmě Zippel do jisté míry smysl, protože frekvence užívání měřidel se velmi liší podle pracoviště ale i podle typu stroje.

Současný ERP systém by to i umožňoval a zaměstnanci již na jednotlivé projekty skenují do systému pracovní a strojové časy nebo použitý materiál, ale ve výsledku se ukázalo, že časové náklady na kalibraci nejsou tak vysoké, pokud se provádí strukturovaně, takže bylo rozhodnuto pro pevné intervaly. Místo standardního jednoho roku ale metrologický řád dává doporučení, jak intervaly stanovit, uměle je neprodlužovat, ale zároveň je neurčovat zbytečně krátké.

Způsob stanovení a uvádění nejistot je uveden v jednotlivých kalibračních postupech.

Kromě toho uvádí DGQ ve své příručce možnost kalibrovat před použitím, a měřidlo tak flexibilně přesouvat mezi kategoriemi zkušební a pomocné. I tato možnost byla v metrologickém řádu převzata a popsána, především z důvodu, že některá měřidla, například zkoušečky spotřebičů se nepoužívají pravidelně a v době tvorby metrologického řádu nastal i případ, kdy sice uplynul kalibrační interval, ale ve firmě nebyl nikdo proškolený pro práci s tímto přístrojem a aktuálně to ani nebylo nutné.

Dalším krokem bylo určit, jak měřidla označovat. V tomto případě nebylo třeba dělat zásadní změny, měřidla ve výrobě jsou označována gravurou nebo laserem. Klíč pro označování je trojmístné číslo 1XX pro posuvná měřítka, 2XX pro hloubkoměry, 3XX pro mikrometry a 4XX pro vnitřní mikrometry, zbylá měřidla dostávají čísla 5XX nebo se do registru zapisují sériovým číslem. To především tehdy, pokud je nepraktické je označovat nebo nelze zaručit, že se označení neztratí.

Kromě toho jsou zkušební měřidla označena samolepkou s datem poslední kalibrace.

4.2 Zhodnocení výsledků změn

4.2.1 Inventura

V průběhu inventury byla nalezena a vyřazena zastaralá a poškozená měřidla. Tím se uvolnilo místo především ve skladu, kde je pro skladování měřidel vyčleněn jen malý prostor a tento prostor se zároveň zpřehlednil.

Místo se uvolnilo také na pracovišti obráběčů, kde je úložný prostor navíc také pozitivem.

Byla identifikována měřidla, která se v průběhu let od poslední inventury ztratila (v důsledku zrušení pobočky nebo fluktuace zaměstnanců) a tato byla v evidenci označena. To při další kalibraci ušetří čas při hledání měřidel, která již ve firmě nejsou.

4.2.2 Podpůrné dokumenty

Vytvoření formulářů k dokumentaci měření velmi zrychlilo zpracování výsledků a zároveň sjednotilo jejich dokumentaci, která se tak snadněji prezentuje a umožňuje dlouhodobé vyhodnocení. Díky tomu jsou zaměstnanci motivováni výsledky měření dokumentovat, což se předtím, především při vývoji nových produktů a procesů často nedělo.

Vytvoření pracovních a kalibračních postupů zaručuje opakovatelnost měření, která předtím nebyla možná. Díky tomu je nyní snazší zhodnotit stabilitu procesů a kvalitu produktů a také zhodnotit zlepšení nebo zhoršení od posledního měření.

4.2.3 Procesy

Popsání základních metrologických procesů zjednodušilo především řešení nejasností. V grafickém znázornění se lze rychle zorientovat, a proto k němu nyní referují především vedoucí oddělení při nejasnostech v postupu nebo když vysvětlují fungování metrologie novému zaměstnanci.

4.2.4 Povědomí zaměstnanců

Po zveřejnění metrologického řádu proběhlo ve výrobě krátké školení k jeho obsahu. Ostatní oddělení byla na změny upozorněna v informačním e-mailu.

Zaměstnanci ve výrobě ocenili kromě toho, že se v rámci inventury udělal v měřidlech pořádek i to, že byly jasně stanoveny odpovědnosti a postupy pro případ nákupu a vyřazování měřidel. Ty byly předtím nejasné a nadřízení dávali rozporuplné odpovědi na to, jak má zaměstnanec správně postupovat, pokud chce požádat o nové měřidlo na své pracoviště nebo pokud zjistil při měření problém s měřidlem. Nejasnosti často vedly k průtahům a odsouvání řešení.

Metrologický řád a nová evidence měřidle zásadně přispěly ke zlepšení povědomí zaměstnanců o tom, jaká měřidla má firma k dispozici. V důsledku toho se měřidla začala také intenzivněji využívat.

4.2.5 Audit

Metrologický řád a nová dokumentace byly představeny v rámci dalšího auditu a auditorem pozitivně zhodnoceny.

Prezentace byla díky digitalizaci dokumentů, novým procesům a proběhlé inventuře také o poznání snazší a rychlejší než během předešlých auditů.

5 Závěr

Cílem práce bylo obnovit zastaralý a neúplný metrologický řád firmy Zippel GmbH. Původní metrologický řád a metrologické podklady byly vytvořeny především pro certifikaci ISO 9001 a nebyly individuálně uzpůsobeny potřebám firmy ani zaměřeny na skutečnou praktickou využitelnost.

V době vzniku této práce firma začala v rámci řízení jakosti zavádět nový komplexní systém testování strojů a také nový systém dokumentace a analýzy chyb a v průběhu řešení této práce se ukázaly aspekty, které bylo v rámci správy měřidel možné vylepšit tak, aby byl řád nejen formální, ale i funkční a nevznikal pouze pro potřeby auditu.

Dokumentace a řád, který vznikl, jsou nepochybně rozsáhlejší, než by firma takové velikosti nutně potřebovala, ale po inventuře a prvních rozhovorech se zástupci jednotlivých oddělení se po prvotním nezájmu zapojilo mnoho kolegů s konstruktivními návrhy, které by přispěly k lepšímu fungování, a tak se prvotní verze až k dokončení práce rozšířila a v době odevzdání práce stále pokračuje.

Největšími úspěchy práce jsou dva výsledky, které s obsahem práce přímo nesouvisí. Prvním úspěchem bylo, že firma v listopadu 2020 úspěšně prošla kontrolním auditem a metrologie podniku se již neobjevila na seznamu doporučených zlepšení v závěrečné zprávě, jako tomu bylo v předchozích letech, a zlepšení bylo auditorem pochváleno. Práce tedy v tomto smyslu splnila svůj účel.

Druhým pozitivním efektem je zvýšení citlivosti zaměstnanců v tématice metrologie. Vznik této práce byl kromě inventury provázen častými dotazy na různá oddělení týkajícími se jejich potřeb a fungování v této oblasti, a to vyvolalo větší zájem zaměstnanců a jednotlivá oddělení se nyní z vlastní iniciativy zabývají optimalizací metrologických procesů a obnovením vybavení. Zároveň se tím vyrovnává slabé místo, které jsem od začátku v této práci viděla a nedokázala pro něj najít uspokojivé řešení.

Obavou bylo, že bez použití softwarového řešení bude problematické sledovat a kontrolovat dodržování metrologického řádu. Protože ale nákup softwaru ani rozšíření současného systému pro metrologii nebylo možné, bylo snahou najít v rámci práce přijatelné řešení. Přitažení pozornosti zaměstnanců k fungování metrologie v podniku a průběžná proškolení k novinkám ale způsobila, že zaměstnanci na jednotlivých pracovištích nyní situaci sami sledují a aktivně informují oddělení kvality a konzultují nastalé problémy, a nebylo tedy nutné se tímto aspektem dále zabývat.

Metrologický řád a metrologické pořádky ve firmě i průvodní dokumenty nyní plně odpovídají požadavkům norem ISO 9001 a DIN 32937 a z prvních zkušeností po zavedení usuzují, že budou nadále sloužit jako solidní základ pro další vývoj systému řízení jakosti ve firmě.

Na závěr bych chtěla poděkovat vedoucímu práce panu doc. Ing. Martinu Melicharovi, Ph.D. za odborné vedení práce a také manažerovi kvality ve firmě Zippel Danilo Wilhelmovi, který celý proces vzniku a zavedení nových pořádků inicioval, podporoval a doprovázel, stejně tak jako CEO Akira Nishiyama a VPO Isabelle Tricot. A v neposlední řadě i všem kolegům, kteří aktivní spoluprací a připomínkami umožnili vznik a zavedení nového metrologického řádu a nadále se podílejí na jeho dodržování a dalším vývoji.

6 Citovaná literatura

- [1] **Zippel GmbH.** Unternehmen. *Zippel.com*. [Online] Prosinec 2020. <https://www.zippel.com/unternehmen/>.
- [2] —. Branchen. *Zippel.com*. [Online] Prosinec 2020. <https://www.zippel.com/branchen/>.
- [3] —. Kompetenzen. *Zippel.com*. [Online] Prosinec 2020. <https://www.zippel.com/kompetenzen/>.
- [4] SRN. Zákon. *Mess- und Eichgesetz vom 25. Července 2013 (BGBl. I S. 2722, 2723), naposled změněno Článkem 87 zákona z 20. Listopadu 2019 (BGBl. I S. 1626)*. 2013.
- [5] DIN EN ISO 9001:2015, **Qualitätsmanagementsysteme - Anforderungen (ISO 9001:2015)**.
- [6] Tichá, Šárka. *Strojírenská metrologie, část 1*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2004. ISBN 80-248-0671-1.
- [7] Doc. Ing. Lubomír Mlčoch, CSc., Doc. Ing. Ivan Slimák, CSc. *Řízení kvality a strojírenská metrologie*. Praha : SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1987.
- [8] PALSTAT s.r.o. *Vyjadřování nejistot měření při kalibracích*. [Dokument] 11 2002.
- [9] Doc. Ing. Josef Jenčík, CSc., Doc. Ing. Jaromír Volf, CSc. a kolektiv. *Technická měření*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02138-6.
- [10] Claus P. Keferstein, Michael Marxer. *Fertigungsmesstechnik*. 8. Wiesbaden : Springer Fachmedien Wiesbaden, 2015. ISBN 978-3-8348-2582-7.
- [11] Česká republika. Zákon. *Zákon č. 505/1990 Sb. Zákon o metrologii*. 1990.
- [12] Tichá, Šárka. *Strojírenská metrologie: Základy řízení jakosti, Část 2*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1209-6.
- [13] Achim Kistner, Bertram Schäfer. *Prüfmittelmanagement*. Mnichov : Deutschen Gesellschaft für Qualität e.V. (DGQ), 2015. Sv. DGQ-Band 13-61. ISBN 978-3-446-44264-1.
- [14] Normenausschuss Technische Grundlagen (NATG) im DIN. *DIN 32937. Mess- und Prüfmittelüberwachung - Planen, Verwalten und Einsetzen von Mess- und Prüfmitteln*. Berlin : DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2006. DIN 32937:2006-07.
- [15] Deutscher Kalibrierdienst (DKD). *Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen, Kalibrieren von Messschiebern für Außen-, Innen- und Tiefenmaße : Richtlinie DKD-R 4-3 Blatt 9.1*. [Dokument] místo neznámé : Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 09 2018. ISNI: 0000 0001 2186 1887.
- [16] Deutsche Kalibrierdienst (DKD). *Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen, Kalibrieren von Bügelmessschrauben mit planparallelen oder sphärischen Messflächen : Richtlinie DKD-R 4-3 Blatt 10.1*. [Dokument] místo neznámé : Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 2018. ISNI: 0000 0001 2186 1887.
- [17] —. *Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen, Kalibrieren von Innenmessschrauben mit 2-Punkt-Berührung : Richtlinie DKD-R 4-3 Blatt 10.7*. [Dokument] místo neznámé : Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 2018. ISNI: 0000 0001 2186 1887.
- [18] —. *Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen, Kalibrieren von Innenmessschrauben mit 3-Linien-Berührung : Richtlinie DKD-R 4-3 Blatt 10.8*. [Dokument] místo neznámé : Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 2018. ISNI: 0000 0001 2186 1887.
- [19] —. *Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen, Kalibrieren von Winkelmessern : Richtlinie DKD-R 4-3 Blatt 7.2*. [Dokument] místo neznámé : Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 2018. ISNI: 0000 0001 2186 1887.

- [20] —. *Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen, Kalibrieren von Messuhren : Richtlinie DKD-R 4-3 Blatt 11.1.* [Dokument] místo neznámé : Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 2018. ISNI: 0000 0001 2186 1887.
- [21] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. *Messung der Geräuschemission von Maschinen. Bestimmung des Emissions-Schalldruckpegels, Anwendung von Geräuschemissionswerten.* místo neznámé : DIN Deutsches Institut für Normung e.V., 2011. Sv. 315/2. ISBN 978-3-410-22103-6.
- [22] Maue, Jürgen H. *Lärmmessung im Betrieb.* Berlín : Erich Schmidt Verlag GmbH & Co. KG, 2011. ISBN: 3503130071.
- [23] Deutscher Kalibrierdienst (DKD). *Kalibrieren von Messmitteln für geometrische Messgrößen, Kalibrieren von Tiefenmessschiebern : Richtlinie DKD-R 4-3 Blatt 9.2.* [Dokument] místo neznámé : Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), 2018. ISNI: 0000 0001 2186 1887.
- [24] Česká metrologická společnost, z.s. *Metodika provozního měření posuvnými měřidly.* [Metodický postup] místo neznámé : Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [25] Kristýna Žáková, Zippel GmbH. QM-AA-016. *Dokumentenlenkung.* Neutraubling : autor neznámý, 2020.
- [26] Jiří Staněk, Jiří Němejc. *Metodika zpracování a úprava diplomových (bakalářských) prací.* Plzeň : Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta strojní, 2005. ISBN 80-7043-363-9.