

Monitoring des technischen Standes der Maschinen auf Basis der Datenkontrolle der Komponentenqualität

Jan Urban¹⁾, Libor Beránek¹⁾, Jan Šimota¹⁾

¹⁾ Tschechische Technische Universität Prag, Fakultät für Maschinenbau, Institut für mechanische Bearbeitung, Planung der Projekte und Metrologie

Kurzfassung

In der heutigen Zeit, wo es den Trend gibt, die Automatisierung der Produktion ständig zu erhöhen, ist es sehr wichtig, eine einfache und komplexe Lösung im Bereich Planung der Instandhaltung der Produktionsmaschinen zu finden. Gleich wie der Anteil der Mitarbeiter abnimmt, welche die Produktionslinie bedienen, wächst die Anforderung an Verfolgung des Produktionsprozesses durch andere Möglichkeiten, als was das Bedienungspersonal der Produktionslinie darstellt. Dies führt zum Ansetzen der Produktionsmaschinen mit verschiedenen Arten der Sensoren, welche jedoch erheblich investitionsintensiv sind. Eine alternative Lösung stellt dann die Ausnutzung der Daten der Qualitätskontrolle zum Zweck der Beurteilung des technischen Standes der Maschinen dar, denn dies hat den direkten Einfluss auf die Qualität der Produkte. Dieser Beitrag beschäftigt sich mit der Analyse der gemessenen Daten, welche während der Ausmaßkontrolle der Teile gewonnen wurden, mit dem Ziel, das diagnostische Potenzial der Produktionsmaschinen auf Basis der „Diagnostik der hergestellten Bestandteile“ zu identifizieren. Wir gehen also aus der einfachen Voraussetzung aus, dass die Mängel der Produktionsanlagen in die Trendänderung der verfolgten Charakteristiken resultieren werden, und wir vermuten, dass die Investitionsausgaben in die sensorische Nachrüstung der Produktionsanlagen reduziert werden.

Schlüsselwörter: Planung der Instandhaltung, Kontrolle der Qualität, gemessene Daten

1. Einleitung

Aus Sicht der modernen Instandhaltung ist es wichtig, eine effiziente Verfolgung der Produktionsanlagen mit den möglichst niedrigen Kosten zu gewährleisten. Zurzeit sind wir an der Schwelle der 4. industriellen Revolution und verfolgen den Trend, welcher sich auf die möglichst enge Verbindung der einzelnen Betriebssysteme konzentriert. Diese Systeme ermöglichen eine detaillierte Verfolgung des Produktionsprozesses inkl. der Grunddiagnostik der gegebenen Anlage aus Sicht deren technischen Standes. Der Grundnachteil ist jedoch, dass mit dem wachsenden Anteil dieser Systeme und der entsprechenden Sensorik wächst auch der Investitionsaufwand der Anschaffung dieser komplexen Anlagen. Eine alternative Lösung können in diesem Fall die Daten der Qualitätskontrolle der hergestellten Teile bieten, welche heute schon ein gewöhnlicher Standard sind. Wenn wir mit der Voraussetzung arbeiten, dass sich jede Unvollständigkeit der Produktionsanlage in der Qualität der hergestellten Teile erweist, bietet sich die Verwendung der Daten der Kontrolle gerade an. Das Ziel dieser Arbeit ist es also, zur effizienten Ausnutzung der Betriebsinformationsquellen beizutragen, welche in den meisten Betrieben ganz gewöhnlich sind.

2. Arten der Instandhaltung

Zurzeit gibt es einige Arten der Instandhaltung. Die erste ist die sogen. korrektive Instandhaltung, deren Ziel ist es, die Störung zu isolieren und nach dem vorher vorbereiteten Handbuch zu reparieren. Des Weiteren gibt es die präventive Instandhaltung, welche immer nach der

vorab festgelegten Periode realisiert wird. Diese Instandhaltung umfasst zum Beispiel Ölaustausch, Bereinigung der Bestandteile, Kontrolle der einzelnen Bestandteile des Produktionsprozesses usw. Die präventive Instandhaltung hat die Kostenerhöhung zur Folge, welche in manchen Fällen „unnötig“ sein können. Deshalb hat sich weiter die Zustandsinstandhaltung entwickelt – CBM (aus dem englischen „Condition based maintenance“). In diesem Fall wird der Zustand der Maschine analysiert und je nachdem wird die Instandhaltung herangegangen, statt die Instandhaltung an die Erfahrungen und Abschätzungen der Mitarbeiter orientieren. Der weitere Typ ist die proaktive Instandhaltung, welche sich an das Suchen der Hauptursache des Problems und an die Beseitigung dieser Ursachen orientiert. Eine der letzten Instandhaltungsarten ist die Zuverlässigkeitsinstandhaltung (aus dem englischen „reliability centered maintenance“). Es handelt sich um die gesamte Strategie der Gesellschaft, wie mit den minimalen Instandhaltungskosten den notwendigen Zuverlässigkeits- und Sicherheitsgrad der Produktion zu erhalten. Das Schema der Verteilung der einzelnen Instandhaltungsarten siehe Abbildung 1.

Die Ziele der Instandhaltung werden von den übergeordneten Zielen der gesamten Produktionsgesellschaft abgeleitet. Obwohl die Skala der möglichen Ziele der Gesellschaft ziemlich breit ist, kann man den dominierenden Teil der Ziele als Erreichung der erforderlichen Produktion mit der effizienten Ausnutzung der Ressourcen formulieren. [1] [2] [3]

Die erweiterten Beiträge der Instandhaltung:

* Kontakt des Autors: Jan.Urban@fs.cvut.cz

- Verlängerung und optimale Ausnutzung der Betriebslebensdauer der Geräte und Anlagen
- Verbesserung der Betriebssicherheit
- Erhöhung der Bereitschaft der Anlage, die erforderte Funktion zu erfüllen
- Optimierung der Betriebsprozesse
- Senkung der Anzahl der Störungen
- Planung der Kosten für den Betrieb der Anlagen

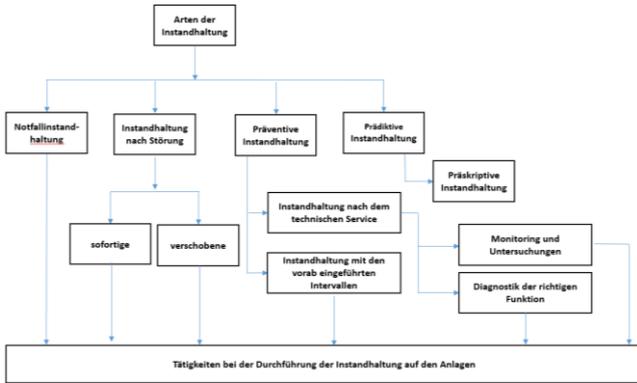


Abbildung 1 - Schema der Verteilung der einzelnen Instandhaltungsarten [4]

Jede Art der Instandhaltung hat ihre Vor- und Nachteile, welche für einfache Anschaulichkeit in die Tabelle 1 zusammengefasst wurden

Tabelle 1 – Instandhaltungsarten und deren Vor- und Nachteile

Instandhaltung	Vorteile	Nachteile
Notfallinstandhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Niedrige Kosten für Monitoring • Nicht so viele geschulte Mitarbeiter nötig 	<ul style="list-style-type: none"> • Längere Reparaturzeit • Größere Schäden im Falle einer Havarie
Instandhaltung nach Störung	<ul style="list-style-type: none"> • Volle Ausnutzung der Betriebslebensdauer der Anlage mit den minimalen Ansprüchen an das Informationssystem • Kleine Ansprüche an die Inspektions- und diagnostische Tätigkeit und Prävention 	<ul style="list-style-type: none"> • Die Störungen lösen oft eine ganze Kette weiterer Beschädigungen aus, was zu höheren Verlusten führt, als die eigenen Reparaturkosten
Präventive Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebslebensdauer der Anlage kann verlängert werden • Man kann die Reparaturen gut planen und somit wird die Organisation der Arbeit einfacher • Sichere Reduzierung des Ausfallrisikos der Anlage während des Betriebs 	<ul style="list-style-type: none"> • Höhere Kosten – verbunden mit dem zu häufigen Komponentenaustausch • Häufige Stilllegung der Anlagen • Sensitivität auf die statistische Festlegung des Intervalls der Instandhaltung
Instandhaltung auf Basis des technischen Standes	<ul style="list-style-type: none"> • Produktionsaggregate werden nur dann stillgelegt, falls es deren technischer Stand erfordert • Die geplanten oder ungeplanten Stillstandzeiten werden im maximalen Maß ausgenutzt 	<ul style="list-style-type: none"> • Erhöhte Kosten für die Inspektion und Diagnostik

Prädiktive Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Kenntnisse über dem aktuellen Stand der Anlage • Im Falle eines Versagens ist es gut identifiziert und die Reparatur ist somit einfacher und schneller • Senkung der Kosten für die Ersatzteile und Arbeit • Erhöht die Sicherheit der Mitarbeiter und der Umwelt 	<ul style="list-style-type: none"> • Anschaffungskosten für die Sensoren, Messsysteme und SW • Höhere Betriebskosten verbunden mit der Instandhaltung des eigenen diagnostischen Systems • Erhöhung der Investitionen in die Ausbildung der Mitarbeiter
Präskriptive Instandhaltung	<ul style="list-style-type: none"> • Umfasst Elemente aller vorigen Instandhaltungsarten • Komplexer Vorschlag, wie die Situation in der Instandhaltung zu lösen • Der Benutzer kann aus den Ergebnissen der Simulation ein passendes Modell der Instandhaltung auswählen 	<ul style="list-style-type: none"> • Bisher in der Konzeptphase • Hohe Anforderungen an die Qualität der Inputdaten sind zu erwarten

Dieser Beitrag wird an den Bereich der prädiktiven Instandhaltung gezielt, denn er nutzt die gewöhnlichen Betriebsinformationssysteme, welche heute völlig standardmäßig sind und vor allem als das Instrument der statistischen Regelung des Produktionsprozesses ausgenutzt werden. Die Platzierung der prädiktiven Instandhaltung in der Hierarchie der einzelnen Instandhaltungsstrategien wird auf der Abbildung 2 dargestellt.

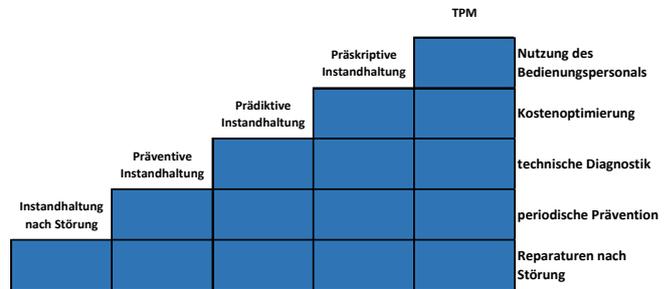


Abbildung 2 - Hierarchie der Instandhaltungsarten nach der Aufwendigkeit [5]

3. Die häufigsten Arten der Störungen bei den Bearbeitungsmaschinen

Eine Störung ist eine Erscheinung, welche in der Beendigung der Fähigkeit des Objekts besteht, die erforderte Funktion zu erfüllen. In diesem Kapitel werden den Störungen auch solche Erscheinungen zugeordnet, welche keinen direkten Einfluss auf die funktionelle Erfüllung der angeforderten Funktion haben und welche durch ihre Existenz nach einer gewissen Zeitspanne die schon erwähnte Störung nach der Definition verursachen könnten. Es handelt sich um den sogen. betriebsfähigen Stand, wo „das Objekt fähig ist, die festgelegten Funktionen zu erfüllen und die durch die technische Dokumentation festgelegten Betriebsparameter einzuhalten“ [6] [7] [8]

3.1. Mechanische Störungen

Zu den mechanischen Störungen gehört vor allem die Abnutzung der Funktionseinheiten der Produktionsmaschine, bzw. der Produktionswerkzeuge. Am häufigsten handelt es sich um die Störungen der Spindellagerung, Spiele in der Hauptführung der Maschine, Störungen der Ableitung und Beförderung der Splitter, Störungen beim automatischen Austausch der Werkstücke oder Werkzeuge usw. Alle diese Arten der Störungen haben einen direkten Einfluss auf die Ausmaßqualität des Produkts. Der sich verschlechternde technische Stand der mechanischen Komponenten erweist sich sicher im finalen Ausmaß des Endproduktes durch die Bewegung des Ausmaßes zu einer der Grenzen des Toleranzfeldes.

Ein typisches Beispiel der allmählichen mechanischen Störung der Maschine ist der Verschleiß der Führung des Arbeitstisches der Maschine. Es handelt sich um eine Komponente, welche einen direkten Einfluss auf die Präzision des Produktes hat. Mit dem wachsenden Verschleißniveau wachsen die Spiele in der Lagerung und der Mangel erweist sich in der Qualität des kontrollierten Produktes. Die einzelnen Spiele in der Führung werden auf der Abbildung 3 dargestellt. Der Mangel erweist sich in den gemessenen Daten wahrscheinlich nicht mit einer Sprungänderung, sondern mit einer allmählichen Bewegung des Ausmaßes zu einer der Grenzen des Toleranzfeldes. Mit der größten Wahrscheinlichkeit bemerken wir den wachsenden Fehler zuerst in den Formcharakteristiken. [6] [7] [8]

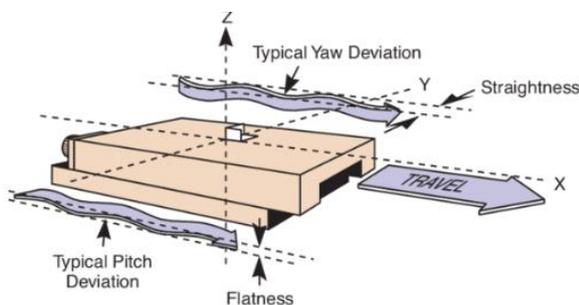


Abbildung 3 - grafische Darstellung der Spiele in der Führung des Arbeitstisches der Maschine [9]

3.2. Störungen der Elektroinstallation

Zurzeit, wo in der Produktion vor allem die Maschinen mit der CNC-Steuerung verwendet werden, sind die Störungen der Elektroinstallation von der gleichen Bedeutung, wie die mechanischen Störungen. Die Mängel tauchen am häufigsten auf den Fühlern verschiedener Art und deren Übertragungswegen auf. Eine weitere sehr schwere Störung ist der Mangel der Wegmessung der Maschine, wodurch es zum falschen Ablesen der Lageangaben der einzelnen Achsen kommt. Die Maschine arbeitet dann mit falschen Informationen und erzeugt nicht korrekt. Deren technischer Stand wirkt sich ähnlich wie im Falle der mechanischen Mängel in der Ausmaßqualität der hergestellten Teile aus. [6] [7] [8]

4. Instrumente zur statistischen Verfolgung der Daten der Qualitätskontrolle

Heute verfügt fast jeder Betrieb über eine statistische Verfolgung der gemessenen Daten. Dank diesem stehen dem Betrieb ganz detaillierte und relativ übersichtliche Einträge zur Verfügung, welche die Geschichte des Produktionsstandes sowohl kurzfristig, als auch mittelfristig darstellen. Diese Einträge werden bisher nur als das Werkzeug der statistischen Regulation des Produktionsprozesses ausgenutzt. Dadurch wird jedoch nicht das Gesamtpotenzial ausgenutzt, welches die Verfolgung der gemessenen Daten anbietet. Aufgrund der Rückanalyse vor allem der langfristigen Trends der einzelnen gemessenen Charakteristiken im Regulationsdiagramm kann man die Stabilität des Produktionsprozesses ermitteln, welche den technischen Stand der Produktionstechnologie widerspiegelt. Eine notwendige Bedingung ist es jedoch, dass sich der Prozess der Ausmaßkontrolle im statistisch bewältigten Stand befinden muss, welchen die regelmäßig gepflegten und kalibrierten Messmittel und die Anwesenheit des qualifizierten Personals sicherstellen. Die weitere Bedingung ist ebenso die nötige Evidenz des Produktionsweges von jedem Teil, damit wir fähig sind, jedes Teil mit der konkreten Produktionstechnologie zu paaren. Nicht zuletzt ist es nötig, eine ordentlich und detailliert erfasste Geschichte der Serviceeinsätze auf den Produktionsmaschinen inkl. des Austauschs der Werkzeugausstattung zu haben. Auf der Abbildung Nr. 4 ist ein allgemeines Regulationsdiagramm dargestellt, welches für die langfristige Verfolgung der Entwicklung der kontrollierten Größen geeignet ist.

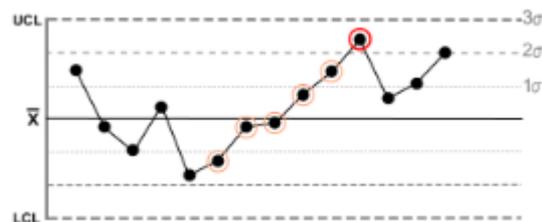


Abbildung 4 - Allgemeines Regulationsdiagramm zur Verfolgung der gemessenen Werte im Toleranzfeld im Laufe der Zeit. [10]

5. Projekt bei Škoda Auto a.s.

5.1. Projektvorhaben

Die Pioniere der neuen Wege nicht nur im Bereich der Instandhaltung, sondern auch in den Bereichen der Produktionstechnologien, Logistik usw. sind überwiegend die Gesellschaften, welche in die Bereiche der Automobil- und Flugzeugindustrie fallen. Der Grund dafür ist die ganz umfangreiche Serienproduktion. Heutige Zeit zwingt uns stufenweise, die sogen. „Smarties Technologien“ einzusetzen. Es handelt sich um Ausnutzung verschiedener diagnostischer Systeme, welche mit den einzelnen Betriebsinformationssystemen arbeiten und in der Steuerung z. B. der anspruchsvollen logistischen Vorgänge, aber auch im Bereich der Produktion oder gerade der Instandhaltung des Maschinenparks helfen.

Diese Systeme sind jedoch deutlich kostenaufwändig. Zur richtigen Funktion ist weiter noch nötig, eine ausreichende Anzahl des hochqualifizierten Personals zu haben. Vor allem aus diesen Gründen wurde bei der Gesellschaft Škoda Auto a.s. über den Beginn des Pilotprojekts entschieden, mit dem Ziel, ein anderes Herangehen zum Monitoring des technischen Standes der Maschinen mit niedriger finanzieller Aufwendigkeit zu finden.

Die Ausnutzung der Daten der Qualitätskontrolle liegt zu diesem Zweck nahe. Fast jeder Betrieb verfügt heute über die standardmäßige Ausmaßkontrolle. Wenn wir aus dem einfachen Gedanken ausgehen, dass sich jede Unvollständigkeit der Produktionsmaschine naturgemäß in der Ausmaßqualität des hergestellten Bestandteiles erweisen muss, dann handelt es sich um eine ideale Weise, wie man den sich nähernden Mangel rechtzeitig entdecken kann.

5.2. Bedingungen für die Durchführung des Projekts

Für die Durchführung des oben beschriebenen Vorhabens ist es nötig, einige Eintrittsbedingungen zu erfüllen. In erster Reihe ist es nötig, solches Produktionsprogramm auszusuchen, wo die detaillierte Evidenz der Instandhaltungseinsätze geführt ist. Es geht nicht nur um die Reparatureinträge aus Sicht der Funktionalität der Maschinenteile, aber auch um den Austausch der Werkzeuge usw. Ein geeigneter Vorteil ist ebenso der Eintrag aus der Verfolgung der Außenbedingungen, wie z. B. die Wärme. Bei der Analyse der gemessenen Daten helfen dann die Kenntnisse über diese Außeneinflüsse bei der Unterscheidung der Trendänderungen der gemessenen Daten, welche durch den Einfluss des technischen Standes der Maschine verursacht werden, vom natürlichen Verhalten des Produktionsprozesses, welches gerade durch die Außenbedingungen ausgelöst wird.

Die Aggregatenfertigung bei der Gesellschaft Škoda Auto a.s. ist für die Durchführung dieses Vorhabens mehr als geeignet. Der Grund dafür ist die Vielfalt der hergestellten Teile, eine hohe Anzahl der hergestellten Komponenten und somit auch die höhere Verschleißrate der Maschinen, welche sich durch den Einfluss der hohen Belastung der Maschinen erweist, viel früher als es bei der gewöhnlichen Nutzung der Produktionsanlagen üblich ist.

5.3. Auswahl der Produktionsvertreter

Die Auswahl der Produktionsvertreter sollte aus der theoretischen Sicht die P-Q Kurve des Diagramms einhalten. Im Einklang damit sollten wir solches Produkt auswählen, welches sich am Betriebsgewinn in der größten Maß beteiligt. Bei der Realisierung dieses Projekts ist es jedoch nicht ganz möglich, aus der Theorie der P-Q Diagramme auszugehen. Der Grund dafür sind die oben beschriebenen Bedingungen für die Durchführung des Projekts. Des Weiteren ist dazu noch nötig, dass das konkrete Produkt schon eine gewisse längere Zeit hergestellt wird und dass es zum Produkt langfristige Einträge

der Ausmaßkontrolle gibt. Auf Basis dieser Anforderungen wurde die Auswahl der Produktionsvertreter durchgeführt. Es handelt sich um die Komponenten eines Benzinmotors, intern als EA 211 gekennzeichnet. Konkret geht es um einen Zylinderblock, eine Kurbelwelle und einen Zylinderkopf. Alle drei hergestellten Komponenten stehen im Produktionsprogramm seit ca. drei Jahren und es ist dabei eine reiche Geschichte der gemessenen Daten und Einträge der Instandhaltung geführt.

5.4. Produktionsprogramm der ausgewählten Vertreter inkl. der Kontrollpunkte der Produktion

Alle drei ausgewählten Vertreter werden im Betrieb der Aggregatenfertigung auf den völlig automatisierten Produktionslinien hergestellt, welche in die einzelnen Produktionsoperationen gegliedert sind. Die Linie besteht aus den klassischen CNC-Maschinen und Bedienungsportalen und Rollenbahnen, welche die Verschiebung der hergestellten Teile von einer Operation zu der anderen sicherstellen. Ein Bestandteil des Produktionsprogramms sind ebenso die Kontrollpunkte, welche heute allmählich mit der Koordinatenmesstechnik ausgestattet sind, was die Ausmaßkontrolle sicherstellt. Dadurch wird die sehr präzise Ausmaßkontrolle gesichert.

Aus Sicht der Arten der Produktionsoperationen handelt es sich überwiegend um Fräsen der Öffnungen und Planflächen. Zum Beispiel Fräsen der Öffnungen ist eine aufwändige Bearbeitungsoperation, wo das fehlerlose Zusammenwirken von drei Axialschüben der Maschine nötig ist. Auf diesen geometrischen Elementen spiegelt sich jede Unvollständigkeit sowohl im Mechanismus, als auch in der Steuerung der einzelnen Achsen in die resultierende Form des Bestandteiles wider. Im Falle der Produktion der Kurbelwelle handelt es sich um ein Teil mit sehr strengen Anforderungen an die Formbeständigkeit und Oberflächenqualität. In den einzelnen Operationen werden die Technologien Fräsen und Schleifen verwendet.

5.5. Analyse der Einträge der gemessenen Daten und Serviceleistungen

Die erste Phase des Projekts beschäftigte sich mit der Analyse der gemessenen Daten und mit dem Ausschauen der Trends, welche durch den technischen Stand der Maschine beeinflusst werden. Dadurch, dass die Aggregatenfertigung als Großserienfertigung geplant ist, ist es nötig, mit manchen Außeneinflüssen zu rechnen, wie die sich ändernde Temperatur, Vibrationen von den benachbarten Produktionstechnologien und der Manipulationstechnik, usw. Der Eintrag der gemessenen Werte ist durch alle diese Einflüsse beeinflusst und deshalb ist es nötig zu unterscheiden, inwieweit die Trendänderung durch diese Einflüsse verursacht ist und inwieweit es sich um den Einfluss des technischen Standes handelt. Ein schwankender Eintrag der gemessenen Werte unter Einfluss der Außenbedingungen wird auf der Abbildung Nr. 5 dargestellt. Der Einfluss der Vibrationen lässt sich aus dem Eintrag der Werte einfach ausschließen. Einfach gesagt, man kann

behaupten, dass das Niveau der Vibrationen nicht konstant ist und der Einfluss auf die hergestellten Ausmaße in jedem Augenblick variabel ist. Im Endeffekt erweist sich dies in der unregelmäßigen Schwankung des Eintrags der gemessenen Werte. Der Einfluss der Temperatur lässt sich schwieriger entdecken. Die Einträge der Temperatur sind heute jedoch ebenso einfach erreichbar. Jedes Messzentrum muss mit der Klimaanlage ausgestattet sein, welche für seine Tätigkeit die Temperaturen im Labor und auch außer dem Labor verfolgt. Um den Temperatureinfluss im konkreten untersuchten Augenblick festzulegen, sind diese Daten ausreichend.

Im Rahmen der Analyse der gemessenen Daten wurde ebenso die Analyse der Messprogramme durchgeführt. Dieser Schritt ist nicht weniger wichtig, weil es nötig ist zu wissen, welche Messstrategie auf den CMM-Maschinen während der Ausmaßkontrolle verwendet wird. Was den Einfluss der Schwankung der Messdateneinträge angeht, geht es vor allem darum, dass ein Bestandteil davon während des Messprozesses entstehen kann. Aus diesem Grund ist es nötig, die Sicherheit zu haben, dass die verwendete Strategie nicht ungeeignet ist.

Der weitere Schritt ist die Analyse der Serviceeinsätze. Der Vorteil der Großserienproduktion ist in diesem Bereich die Notwendigkeit der konsequenten Evidenz der einzelnen, obwohl unbedeutenden Serviceleistungen. Das gleiche betrifft ebenso den Austausch der Werkzeugausstattung, für den eine detaillierte Evidenz auch geführt wird, was die Realisierung des Projekts vereinfacht. Ähnlich wie bei der Analyse des Eintrags der gemessenen Daten ist es auch hier nötig, die einzelnen Reparaturposten herauszufiltern. Es ist wichtig, die einzelnen Serviceeinsätze in zwei grundlegende Gruppen zu verteilen. Die erste Gruppe wird durch den Reparaturcharakter dargestellt, welche die technologisch-funktionale Bedeutung hat und somit die Flüssigkeit des Produktionsprozesses nicht direkt beeinflusst. Es handelt sich vor allem um die Einsätze, wie z. B. die Reparatur des Fühlers des Türschließens, welche keinen direkten Einfluss auf die Präzision des hergestellten Bestandteils hat. Die zweite Gruppe wird durch die Serviceleistungen vertreten, welche mit der Funktionsbedeutung direkt zusammenhängen. Es handelt sich zum Beispiel um die Reparatur der Spindel, Einstellung der Führungsschrauben der Führung, sowie den Austausch der Werkzeuge. Diese Einsätze spiegeln sich mit ihrem Charakter in den Einträgen der gemessenen Daten wider, was diejenigen sind, die uns im Rahmen dieses Projekts interessieren.

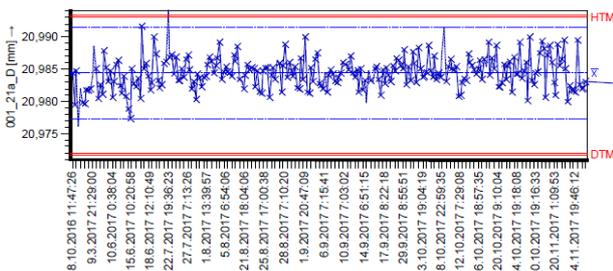


Abbildung 5 - Beispiel eines schwankenden Eintrags der gemessenen Werte bei der Wirkung der Außeneinflüsse

5.6. Gefundene Charakteristiken mit der Trendänderung auf den ausgewählten Teilen

Die Analyse der statistischen Einträge der gemessenen Daten zeigte gleich einige wesentliche Änderungen im verfolgten Zeitraum. In einigen Fällen ist es jedoch problematisch zu unterscheiden, inwieweit es sich um eine Änderung unter Einfluss eines Serviceeinsatzes handelt, und wann es schon um natürliches Verhalten des Prozesses geht. Ein Beispiel eines Instandhaltungseinsatzes des Mitarbeiters in den Bearbeitungsprozess kann z. B. die Lage der Öffnung 6B100 bei der Produktion des Zylinder-Kurbelgehäuses in der Produktionsoperation (gekennzeichnet als 200) sein, wo der Einfluss des Serviceeinsatzes klar zu sehen ist. Aus den Einträgen der Instandhaltung wurde anschließend festgestellt, dass es sich um den Austausch des pneumatischen Kolbens in der Aufnahme handelte und somit zur Änderung der Spannkraft kam, worauf die Bedienung der Maschine mit der Korrektur der Bahnen reagieren musste. Die graphische Darstellung des Eintrags der gemessenen Werte der Öffnung 6B100 ist auf der Abbildung 6 angeführt.

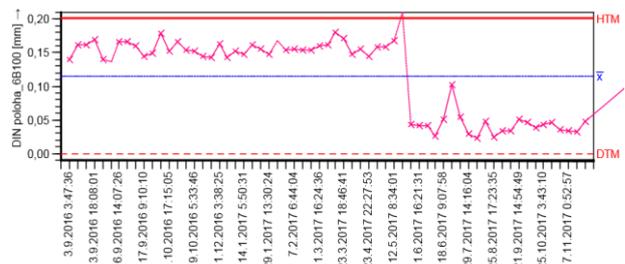


Abbildung 6 - Regulationsdiagramm des Eintrags der gemessenen Werte mit der sichtbaren sprunghaftem Änderung

In den verfolgten Charakteristiken der kann man auch die typischen Trends finden, welche in der relativ nahen Zukunft mit einem weiteren Serviceeinsatz zu lösen sind. Auf der Abbildung 7 können wir die Änderung der Durchmesserwerte mit der Kennzeichnung 64B10A im längeren Zeithorizont sehen, hinter welchem mit der größten Wahrscheinlichkeit ein Verschleiß des Werkzeugs steht. Es handelt sich um den Durchmesser der Ventilfehrung auf dem Zylinderkopf.

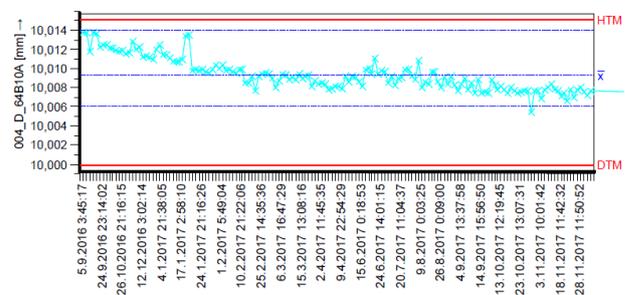


Abbildung 7 - Regulationsdiagramm des Eintrags der gemessenen Werte mit der sichtbaren fließenden Änderung

Ein Beispiel der wiederholten Serviceeinsätze, welche aus dem größten Teil den Werkzeugaustausch betreffen, bzw. deren Aufnahmen, stellt die Abbildung 8

dar. Auf dieser Abbildung ist der sich ständig wiederholende Trend zu sehen, den die Bedienung regelmäßig lösen muss. Auf Basis dieser wiederholten Erscheinung kann man dann die notwendigen sich wiederholenden Serviceleistungen im Voraus planen. Es handelt sich wieder um den Durchmesserwert auf einer der Öffnungen für den Ventilsitz auf dem Zylinderkopf, was ein wichtiges Funktionsausmaß ist.

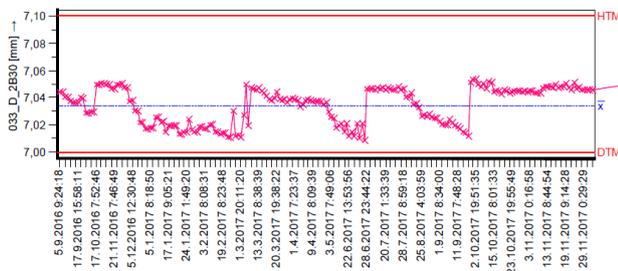


Abbildung 8 - Regulationsdiagramm des Eintrags der gemessenen Werte mit der sichtbar wiederholten sprunghaften Änderung

Ein typischer größerer Serviceeinsatz ist z. B. das Richten der einzelnen Achsen der Maschine, welche sich während des Betriebs der Maschine aus ihrer Position lösen können. In den Servicedaten wurde dieser Einsatz der Wartungstechniker auf der Produktionsmaschine gefunden, auf der die grundlegenden Fräsoperationen vor allem der Planflächen der Zylinderköpfe durchgeführt werden. Dieser Einsatz erwies sich im Eintrag der gemessenen Daten zu dem Zeitpunkt der Maschinenfreigabe in die Produktion. Man kann diese Änderung auf der Abbildung 9 beobachten. Die gemessenen Werte wurden bis zur Reparatur der Maschine stabil und anschließend kam es zur sprunghaften Änderung. Die Daten betreffen die Position des Referenzpunktes der Fläche.

6. Beschluss

Die durchgeführte Datenanalyse der Qualitätskontrolle auf den ausgewählten Teilen des Produktionsprogramms der Gesellschaft Škoda Auto a.s. bewies den direkten Einfluss der Leistungen der Wartungstechniker auf das Ausmaß der hergestellten Komponenten und dadurch auch auf die verfolgten Qualitätsdaten. Ob es sich um den Service der einzelnen Funktionskomponenten der Produktionstechnologie, oder um den Werkzeugaustausch handelt - fast immer spiegelt sich dieser Einsatz im Verlauf der gemessenen Daten. Diese Erkenntnis gewährt einen viel breiteren Beitrag bei der Ausnutzung der Kontrolldaten nicht nur zur statistischen Regulation des Produktionsprozesses, sondern auch zur Verfolgung der Qualität der durchgeführten Instandhaltung. Wenn wir die geeigneten statistisch-mathematischen Operationen anwenden, können wir die Informationen aus den gemessenen Daten für die Planung der Serviceleistungen verwenden. Dank diesem könnten wir die Stilllegung der Maschine so einplanen, dass es zum möglichst kleinen Einfluss auf die Kontinuität der Produktion kommt und somit auch zur Senkung der Mehrkosten. Der zweite Beitrag be-

steht dann in der Reduzierung der Anzahl der Notfallstörungen, weil wir dank der Verfolgung der Regulationsdiagramme die sich nähernde Störung besser und rechtzeitig identifizieren können, welche durch die Ermüdung oder den Verschleiß der wichtigen Funktionskomponenten der Produktionsmaschine verursacht wird.

7. Danksagung

An dieser Stelle möchten wir uns gerne bei der Gesellschaft Škoda Auto a.s. bedanken, konkret bei den Abteilungen Zentraler technischer Service PSZ und Qualitätssicherung GQH. Diese Abteilungen gewährleisteten alle wichtigen Unterlagen, welche die Entstehung dieses Projekts ermöglichten.

8. Quellennachweis

- [1] V. LEGÁT, Management a inženýrství údržby, Praha: Professional Publishing, 2013, p. 570.
- [2] L. SLÁMA, „Strategie údržby ve výrobních společnostech,“ 2012. [Online]. Zugänglich: <http://www.systemonline.cz/clanky/strategie-udrzby-ve-vyrobnich-spolecnostech.htm>.
- [3] S. PŘIBÝL, „Prediktivní údržba - cesta ke snížení nákladů,“ MM průmyslové spektrum, 2012. [Online]. Zugänglich: <http://www.mmspektrum.com/clanek/prediktivni-udrzba-cesta-ke-snizeni-nakladu.html>.
- [4] Teorie údržby - základní pojmy, systémy údržby, postup údržby,“ ČZU, 2010. [Online]. Zugänglich: http://tf.czu.cz/~pexa/Predmety/PUS/Prednasky/2_Teorie_pojmy_RGB.pdf.
- [5] L. PIESCHE Přínosy metody TPM ve Škoda auto a.s. 2015 [Online] Zugänglich: <http://docplayer.cz/1427342-Skoda-auto-vysoka-skola-o-p-s-prinosy-metody-tpm-ve-skoda-auto-a-s.html>
- [6] ČSN EN 13306. Údržba - Terminologie údržby. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011
- [7] Odměrovací systémy a jejich vliv na přesnost [online]. [zit. 2017-10-29]. Zugänglich: <http://www.mmspektrum.com/clanek/odmerovaci-systemy-a-jejich-vliv-na-presnost.html>
- [8] CHEN, Wei, Bo JIANG a Zhi JIA. Reliability Analysis for CNC Machining Tools during Early Failure Period. Advanced Materials Research. 2014, 988(1), 663-667. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.988.663. ISSN 1662-8985. Zugänglich: <http://www.scientific.net/AMR.988.663>
- [9] Motion Basics Terminology & Standards. *Motion Basics Terminology & Standards* [online]. [zit. 2018-03-22]. Zugänglich: <https://www.newport.com/n/motion-basics-terminology-and-standards>
- [10] *Nelson Rules* [online]. [zit. 2018-03-22]. Zugänglich: https://howlingpixel.com/wiki/Nelson_rules