

# Obsluha měřicích zařízení *bezkontaktní metody*

Ing. Radomír Mendřický, Ph.D.

Ing. Petr Keller, Ph.D.

2015



evropský  
sociální  
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání  
pro konkurenceschopnost



## **OBSLUHA MĚŘICÍCH ZAŘÍZENÍ – bezkontaktní metody**

Výukový text vznikl na základě dlouhodobých zkušeností s výzkumem a výukou v oblasti měření a 3D skenování a čerpá z posledních poznatků v tomto oboru.

Text je určen pro předmět *Vývojové a reverzní inženýrství* pro studenty 1. ročníku navazujícího studijního programu N2301 Strojní inženýrství, obor 2302T010 Konstrukce strojů a zařízení, zaměření Výrobní stroje.

Vytvoření a vydání textu bylo podpořeno projektem OPVK „Zvýšení technických kompetencí absolventů pro průmyslovou praxi“ (Registrační číslo CZ.1.07/2.2.00/28.0311).

## Obsah

1	Úvod.....	6
2	Atos II.....	7
	2.1 Princip snímání .....	7
	2.2 Technické parametry.....	9
	2.3 Seřízení a kalibrace přístroje .....	10
	2.4 Příprava součásti na měření .....	13
	2.5 Digitalizace součásti a zpracování dat .....	15
3	RevScan .....	19
	3.1 Princip snímání .....	19
	3.2 Technické parametry.....	20
	3.3 Seřízení a kalibrace přístroje .....	20
	3.4 Příprava součásti na měření .....	22
	3.5 Digitalizace součásti a zpracování dat .....	23
4	Závěr .....	27
5	Literatura .....	27

## **Poděkování**

Vytvoření učebního textu bylo podpořeno projektem OPVK „Zvýšení technických kompetencí absolventů pro průmyslovou praxi“ (Registrační číslo CZ.1.07/2.2.00/28.0311).

## 1 Úvod

Učební text je určen hlavně studentům kombinované, avšak i prezenční formy navazujícího magisterského studia studijního programu N2301 Strojní inženýrství, obor 2302T010 Konstrukce strojů a zařízení, zaměření Výrobní stroje, předmět *Vývojové a reverzní inženýrství*.

Cílem je popsat studentům postup práce s jednotlivými zařízeními pro měření a 3D skenování, se kterými mají možnost pracovat během výuky. Sloužit může též jako návod pro vypracování zadaných samostatných úloh v rámci cvičení z předmětu *Vývojové a reverzní inženýrství*.

V současné době probíhá měření rozměrové a tvarové přesnosti součástí v průmyslové praxi nejčastěji konvenčními metodami, například dotykovým způsobem na souřadnicovém měřícím stroji. Tato zařízení sice poskytují jedny z nejpřesnějších výsledků, ne vždy je však možné je účelně použít. Jedním z možných úskalí může být měření tvarově složitých ploch, kdy narážíme na principiální omezení způsobu získávání souřadnic bodů těmito přístroji. Pro změření souřadnic bodu na povrchu dílu je nutné se v každém měřeném bodě mechanicky dotknout měřícím dotekem, což znamená, že pro získání dostatečně husté sítě bodů z důvodu detailního a přesného popisu tvaru povrchu dané plochy je toto měření časově velmi náročné. Další nevýhodou kontaktního způsobu kontroly je problematické měření poddajných těles, kdy může po najetí měřící sondy a jejím mechanickém dotyku dojít k deformaci měřeného tělesa, a tak ke zkreslení výsledků měření.

Nejen z tohoto důvodu jsou v průmyslu v současnosti konvenční způsoby měření stále častěji nahrazovány speciálními bezkontaktními měřícími systémy. Ty můžeme dle principu jejich práce dělit na laserové, optické, ultrazvukové či rentgenové. Tato měřící zařízení, často nazývána jako 3D skenery, umožňují převést fyzický reálný tvar objektu do podoby počítačového virtuálního 3D modelu. Po nasnímání objektu je tedy vytvořen počítačový model, se kterým lze dále pracovat. Model můžeme dále zpracovávat speciálními softwary a transformovat ho na plošný či objemový model, který bude vhodný pro CAD/CAM aplikace, nebo tuto virtuální předlohu použít k tzv. inspekci, tedy vyhodnocení jeho rozměrové a tvarové přesnosti.

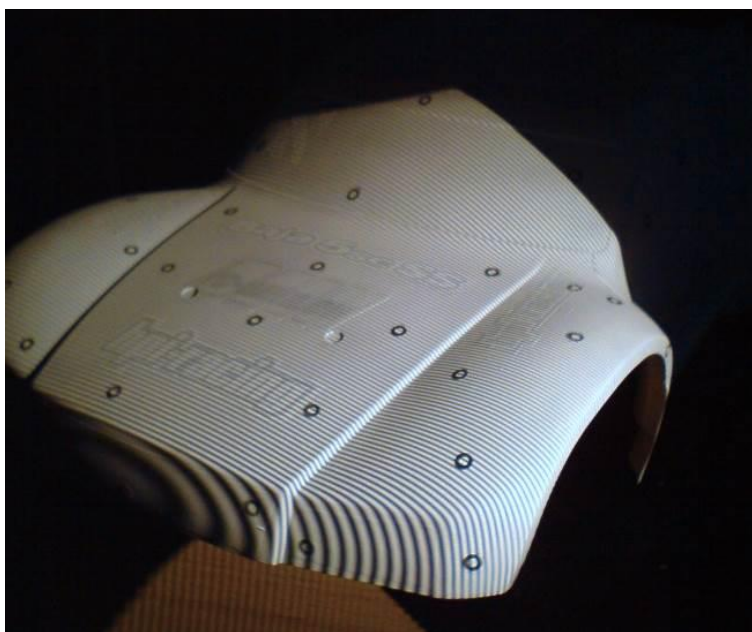
## 2 Atos II

### 2.1 Princip snímání

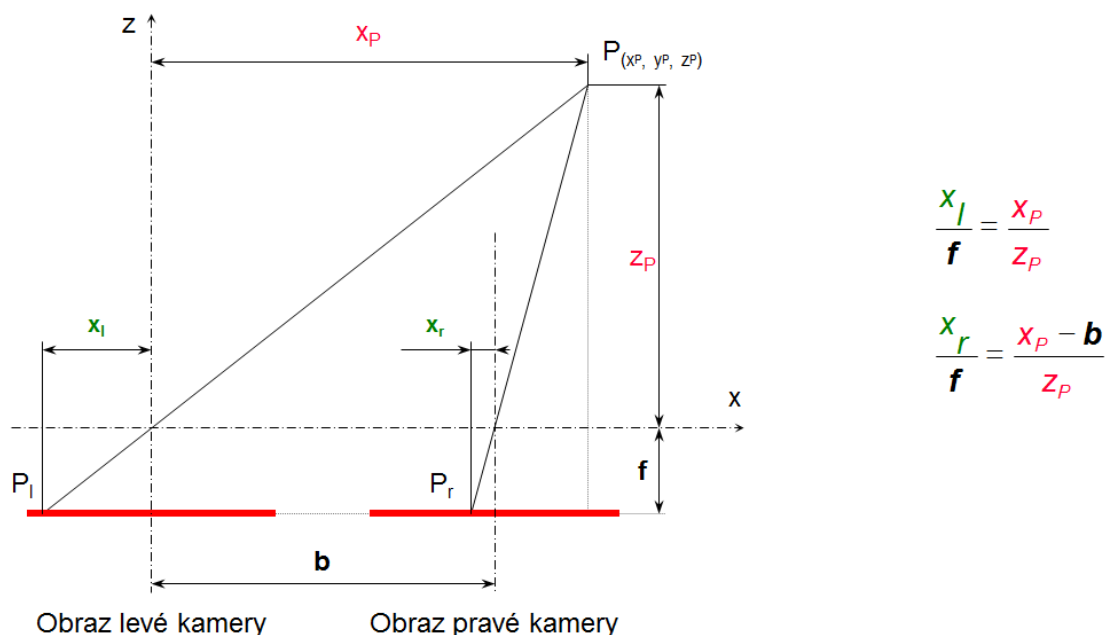
Systém optického 3D skenování je nejčastěji založen na principech optické triangulace, fotogrammetrii a metodě Fringe Projection – kdy projektor skeneru promítá na měřený objekt různé vzory proužků (viz. Obr. 1), které jsou snímány dvěma kamerami s CCD čipem. Software tyto obrazy zpracuje a vypočítá prostorové souřadnice jednotlivých bodů v prostoru (Obr. 2). V každém obraze může být dle rozlišení CCD čipu stovky až miliony změřených bodů na povrchu součásti.

Automatické složení jednotlivých záběrů do jednoho celku je zajištěno nejčastěji pomocí tzv. referenčních značek, které se umísťují přímo na měřený objekt, případně jeho okolí (měřicí stůl, upínací přípravek apod.)

Optická digitalizace nachází uplatnění v nejrůznějších průmyslových odvětvích, jakými jsou např. konstrukce, výroba, kontrola kvality, design apod. Modely vzniklé optickou digitalizací mají široké využití v oblastech CAD, CAM a FEM, simulaci vstřikování plastů či tažení plechu. Efektivně lze provádět komplexní kontrolu rozměrové a tvarové přesnosti vyrobených dílů a funkčnosti celků. Výhodou je nezávislost výsledků na tuhosti součásti, její hmotnosti a teplotě.

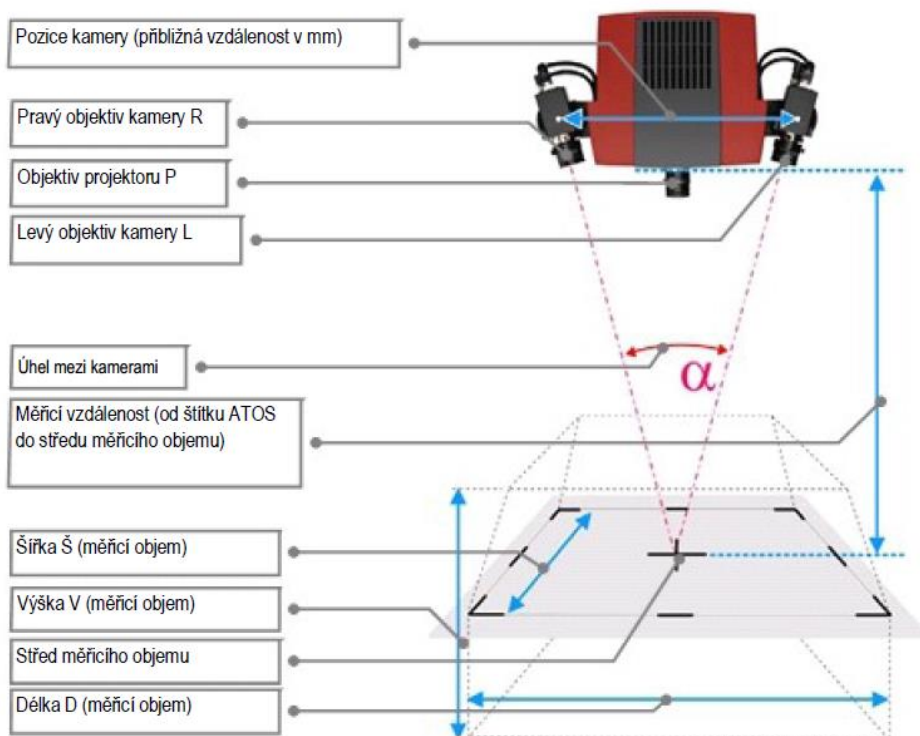


Obr. 1: Rastr proužků promítaný 3D skenerem na měřenou součást



Obr. 2: Základní princip stereo-vidění (triangulace)

Nejdůležitější částí systému je samotný optický 3D skener, který je tvořen projektorem, dvěma kamerami a řídicí jednotkou. Každý nakonfigurovaný senzor definuje ve směru skenování 3D oblast, v níž lze měřený objekt skenovat - tzv. měřící objem (viz Obr. 3).



Obr. 3: Definice měřícího objemu u optického skeneru ATOS



## 2.2 Technické parametry

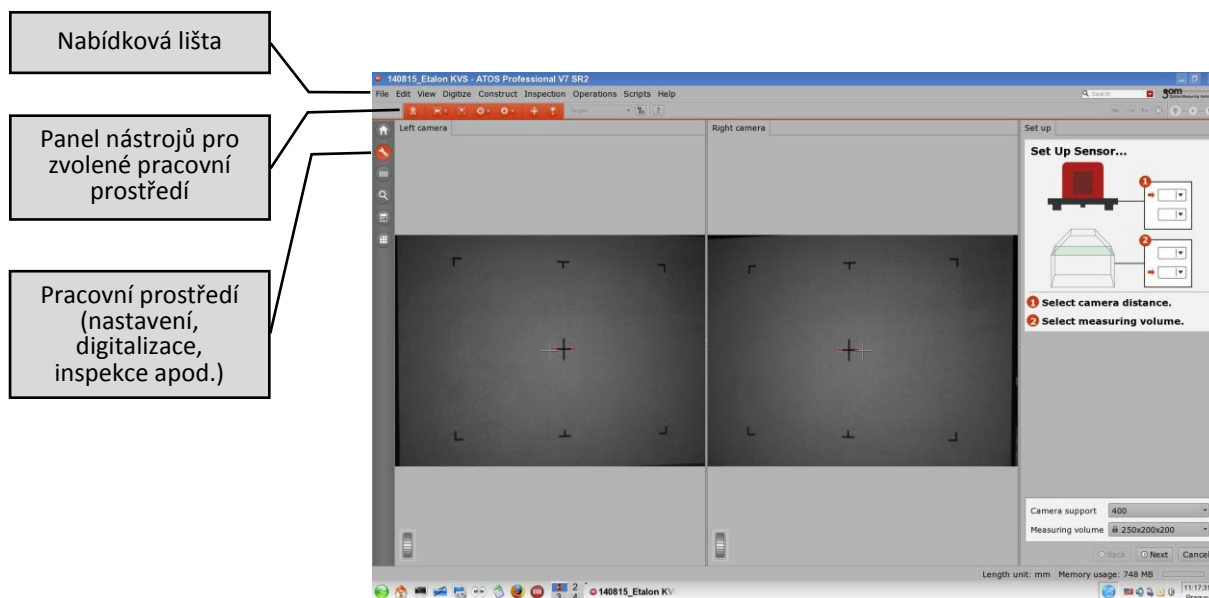
Výměnou optických členů (objektivů kamer a projektoru) můžeme velikost měřícího objemu měnit a přizpůsobovat tak potřebám velikosti měřené součásti. V současné době je jsou na katedře výrobních systémů a automatizace k dispozici tři měřící objemy (jak je blíže uvedeno v technických parametrech skeneru ATOS II 400 v Tab. 1). Nejmenší měřící objemem 55 x 40 x 33 je vhodný pro velmi malé součásti a umožňuje zachytit velmi drobné detaily v řádech desetin mm. Naopak největší měřící objem 700 x 560 x 560 je vhodný pro velmi velké díly, např. různé formy, rozměrné výlisky apod. Výhodou je možnost měřit velké oblasti na jeden záběr, nevýhodou pak menší hustota naměřených bodů na povrchu součásti a tedy horší schopnost zaznamenání drobných detailů.

<b>Optický skener ATOS II 400</b>	
Hmotnost	5 200 g
Rozměry	490 x 260 x 170 mm
Čas na 1 sken	1 sekunda
Měřený objem	700 x 560 x 560 mm 250 x 200 x 200 mm 55 x 40 x 33 mm
Počet bodů z jednoho skenu	až 1 400 000
Hustota bodů	0,04 - 0,18 - 0,5 mm
<b>Přesnost měření</b>	<b>cca 30 μm</b>

Tab. 1: Technické parametry systému ATOS

## 2.3 Seřízení a kalibrace přístroje

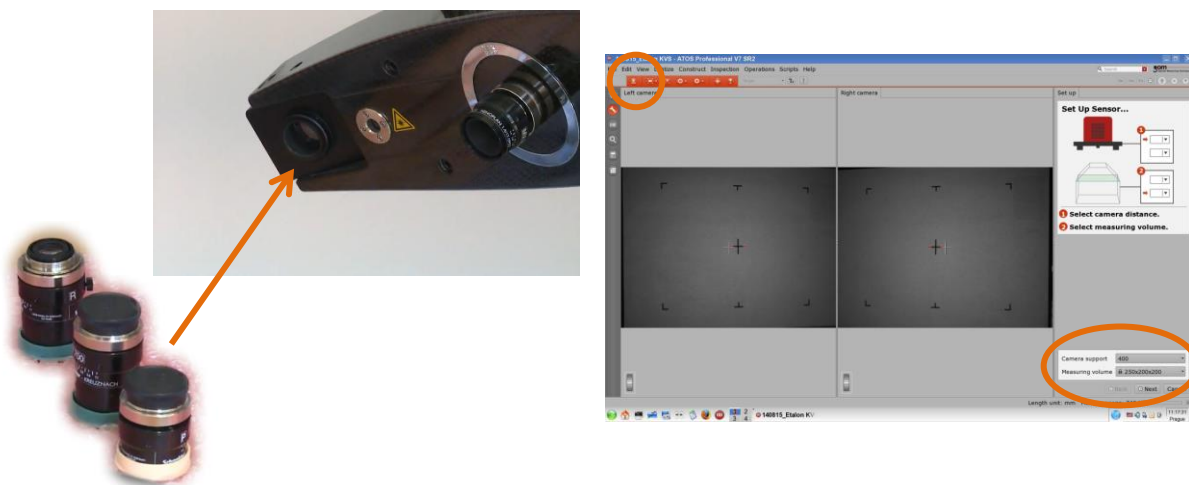
Před vlastním měřením je třeba provést seřízení a kalibraci přístroje. Některé kroky je vhodné provádět před každým měřením, jiné pouze po výměně optiky či transportu zařízení.



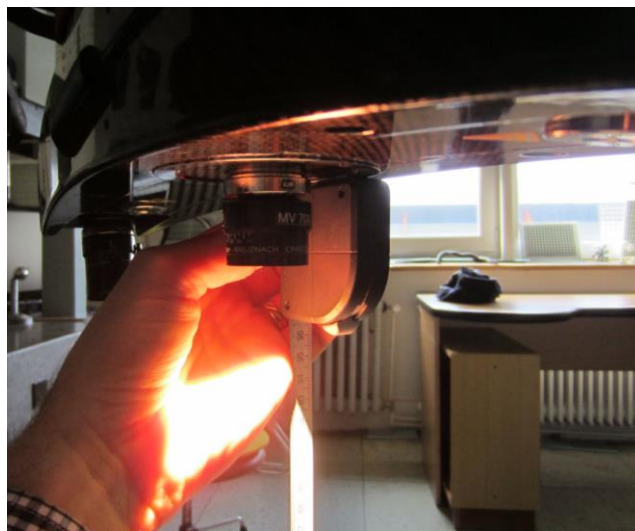
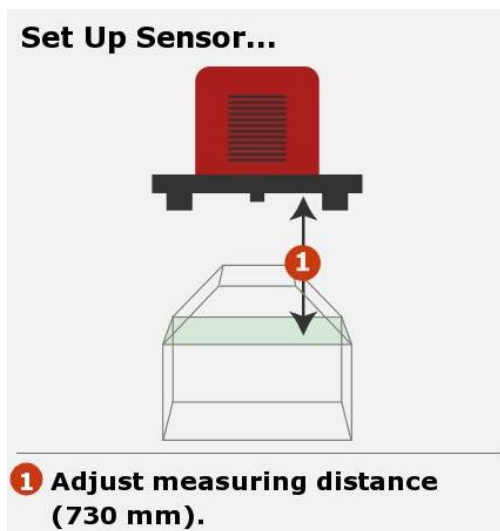
Obr. 4: Obslužné prostřední programu GOM Atos Professional

Veškerá nastavení a řízení vlastního skenovacího procesu probíhá přímo ze SW GOM Atos Professional (Obr. 4) a skládá se zhruba z těchto kroků:

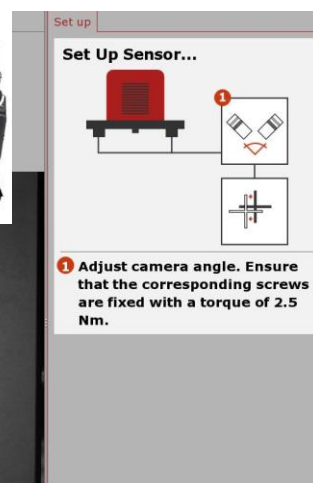
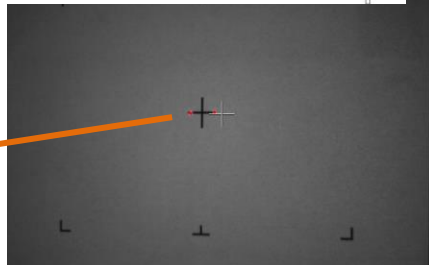
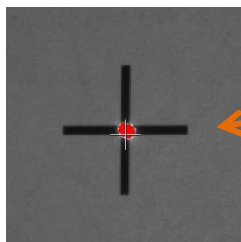
- 1) Osazení kamer a projektoru vhodným objektivem a výběr použité optiky (měřicího objemu) v SW. U sady objektivů pro nejmenší měřicí objem je předem nutné na hlavu skeneru umístit redukci.



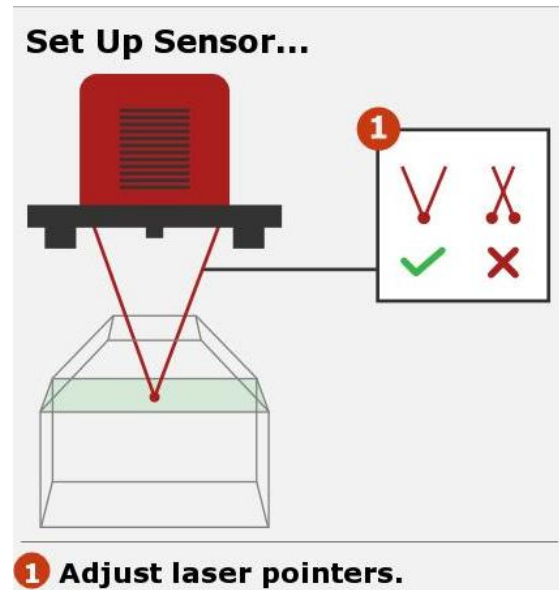
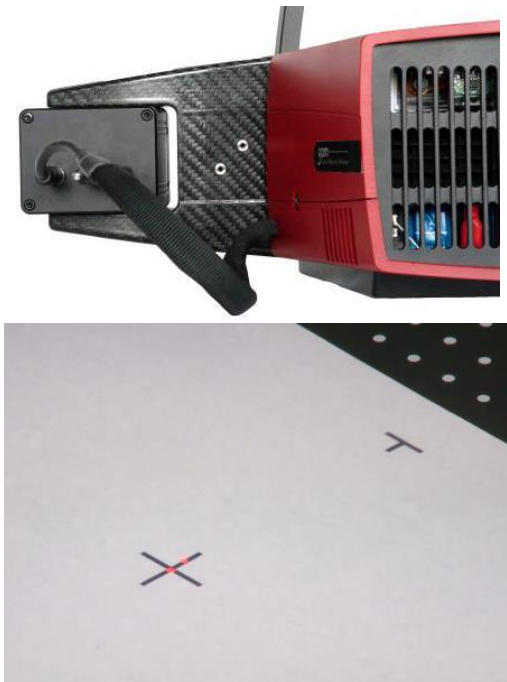
- 2) Nastavení doporučené měřicí vzdálenosti od kalibračního etalonu. Její velikost se liší dle použitých optických členů a její doporučenou hodnotu najdeme v manuálu výrobce. Pro naše tři optické sady se pohybuje v rozmezí 300 mm – 730 mm – 1030 mm.



- 3) Nastavení úhlů kamer tak, aby se v místě podložky protnul promítaný středový kříž projektoru se SW středem kamery (bílý). Cílem tohoto postupu je přizpůsobení úhlu kamer nastavené měřicí vzdálenosti.

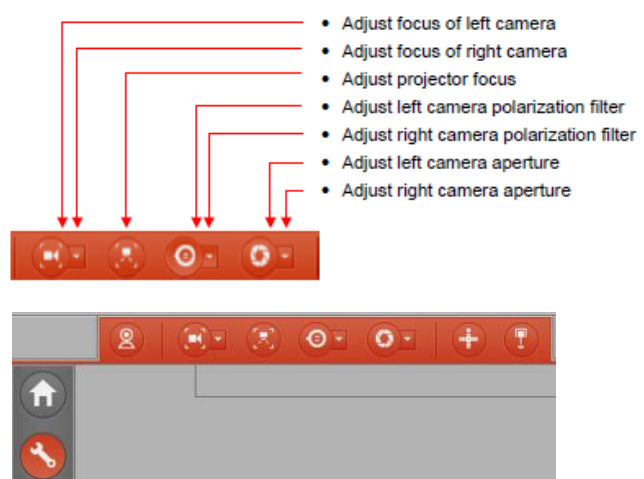
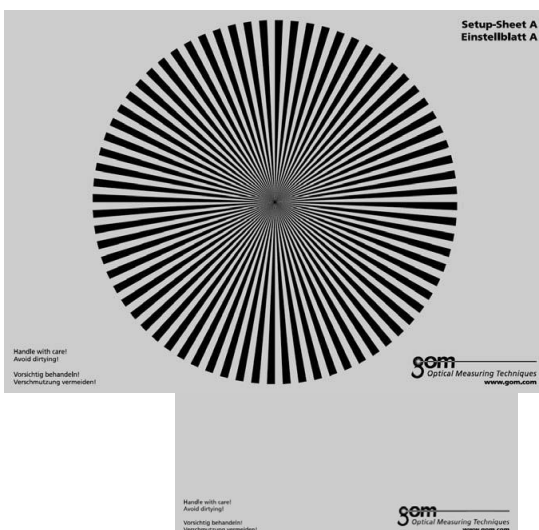


- 4) Seřízení pomocných laserových „ukazovátek“ tak, aby se světelné paprsky protnuly v místě podložky (v nastavené měřící vzdálenosti).

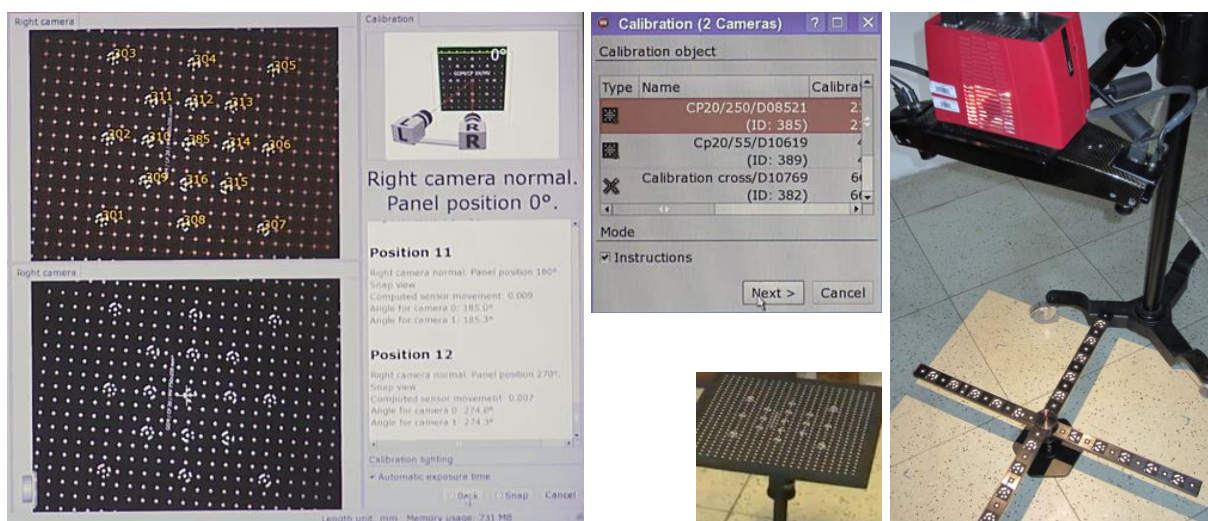


- 5) Dle potřeby další nastavení senzoru (vyžaduje zkušenou obsluhu, není třeba provádět vždy při výměně optiky kamer).

Toto nastavení senzoru zahrnuje především: zaostření projektoru, seřízení – zaostření obou kamer, nastavení clony obou kamer apod. Ke všem těmto funkcím se přistupuje z panelu nástrojů, kde po zvolení dané funkce postupujeme dle „průvodce“. Pro přesné seřízení jsou k dispozici různé speciální „setup – sheet“ listy.



- 6) Nejdůležitějším krokem je kalibrace přístroje dle kalibračního etalonu (probíhá dle průvodce a spočívá v pořízení cca 20 snímků etalonu z předepsaných pozic).



## 2.4 Příprava součásti na měření

Příprava součásti na optickou digitalizaci spočívá především v nalepení referenčních bodů, často též aplikaci antireflexního nástřiku a stabilním upnutí na měřicí stůl. Použití referenčních bodů je důležité především v případě, pokud hodláme digitalizovat tvarově složitější nebo rozměrnější objekt. Body nejsou naopak nutné v případě, že budeme chtít realizovat měření pouze na jeden záběr (což však bývá výjimečně). Od SW GOM ATOS Professional V7 lze též využít skenování zcela bez referenčních bodů, kdy je transformace jednotlivých snímků realizována pomocí metody BestFit. V tomto režimu ale nefunguje automatická kontrola různých chybových stavů skeneru, je časově více náročná a též není vždy zaručeno správné sesazení dílčích skenů - především u tvarově jednodušších součástí či součástí symetrických.



Obr. 5: Postup přípravy součásti před optickým skenováním

Pro přípravu součásti na měření musíme tedy realizovat především tyto kroky:

- ✓ Umístění referenčních bodů (dle pravidel uvedených dále, potřebné zejména při oboustranném měření),
- ✓ v případě potřeby (lesklé, průhledné, černé objekty) úprava povrchu antireflexním nástřikem,
- ✓ případné očištění referenčních značek,
- ✓ upnutí součásti na měřicí stůl.

Jak již bylo řečeno, měřený objekt není zpravidla možné naskenovat na jeden záběr. To se týká i menších předmětů, které se sice vejdou do tzv. měřicího objemu skeneru (viz Obr. 3), ale pro kompletní digitalizaci je i zde nutné provádět násobné skeny z různých stran a úhlů. I při skenování menších objektů tak musíme počítat se spojováním jednotlivých snímků do výsledného celku a neobejdeme se tedy zpravidla bez referenčních bodů, které lepíme nejčastěji na měřený objekt, případně měřicí desku či rámeček. Referenční body umísťujeme na objekt tak, aby byly zaznamenány vždy na několika snímcích. Na základě těchto značek software vypočítá polohu skeneru v prostoru, resp. značky jsou využity pro automatické spojení dílčích skenů do jednoho celku.

Lepení referenčních značek na měřenou součást podléhá určitým pravidlům, která je pro úspěšné měření dobré dodržovat. Jde především o tyto zásady:

- Body lepíme na rovné nebo jen mírně zakřivené povrchy.
- Body neumísťujeme příliš blízko k hranám – problém vyplnění otvoru (do prostoru „1 x Ø referenčního bodu“ od hrany).
- Referenční body musejí být vhodně rozloženy napříč celou délkou, šířkou a výškou měřicího objemu.
- Používáme pro měřicí objem pouze počet referenčních bodů nezbytný pro to, aby mohl senzor spolehlivě identifikovat alespoň tři referenční body z předcházejícího měření.

- Neumísťujte značky referenčních bodů do jedné linie.
- Při potřebě nasnímat model z obou stran musíme umístit body (min. 3) po obvodu součásti (poslouží pro spojení dílčích sérií měření).
- Při skenování plochých dílů neumísťujeme body na protilehlých plochách přímo proti sobě (riziko záměny bodů = chyby transformace).

## 2.5 Digitalizace součásti a zpracování dat

Pokud máme skener zkalibrovan a součást upnutou nebo jinak fixovanou do měřící polohy, můžeme spustit vlastní proces digitalizace. Jak již bylo řečeno, pro účely digitalizace povrchu součásti je na objekt ze senzoru promítnut vzor proužků, který je zaznamenáván dvěma kamerami. Během několika sekund software s vysokou přesností vypočítá souřadnice stovky tisíc bodů pro jednotlivé měření. Pro celkové zachycení složitějších objektů je nutné pořídit mnoho dílčích snímků. Díky referenčním bodům systém automaticky zjistí aktuální polohu senzoru a transformuje jednotlivé záběry do společného (globálního) souřadného systému měřeného objektu. Celý proces tedy spočívá v pořízení dostatečného počtu záběrů (jednotlivých skenů) objektu z vhodných pozic a úhlů tak, aby po sloučení jednotlivých snímků byla nasnímana co možná největší plocha měřeného objektu, případně jeho části. Za účelem pořízení záběrů z různých pozic můžeme mezi jednotlivými skeny pohybovat buď skenerem, nebo měřeným objektem (případně kombinovat obojí). Při digitalizaci menších těles, která je možné umístit na rotační stůl, je praktické pořídit při jedné poloze skeneru řádově desítky snímků v rozsahu 360°, přičemž vzájemnou změnu polohy obrobek – skener realizujeme pootáčením součásti na rotačním stole. Toto můžeme opakovat pro několik úhlových poloh skeneru (např. svisle, pod úhlem 45° a pod úhlem 0° - vodorovně). Celý tento proces opakujeme i po otočení součásti. Při digitalizaci velkých objektů (např. velikosti automobilu) zpravidla pohybujeme pouze skenerem kolem měřeného objektu. Pokud skener disponuje projekcí proužků pouze v jednom směru, je také někdy vhodné (zvláště při skenování hran či úzkých ploch) provést natočení skeneru do svislé polohy tak, aby byly proužky promítány kolmo přes hrany. Dojde tak k lepšímu zaznamenání těchto problematických oblastí. Uživatel může neustále sledovat digitalizační proces na obrazovce. V průběhu každého měření je automaticky kontrolována kalibrace

systemu, pohyb senzoru nebo objektu a vliv vnějšího osvětlení, aby byla zajištěna přesnost a rychlost měření i v případě horších provozních podmínek.

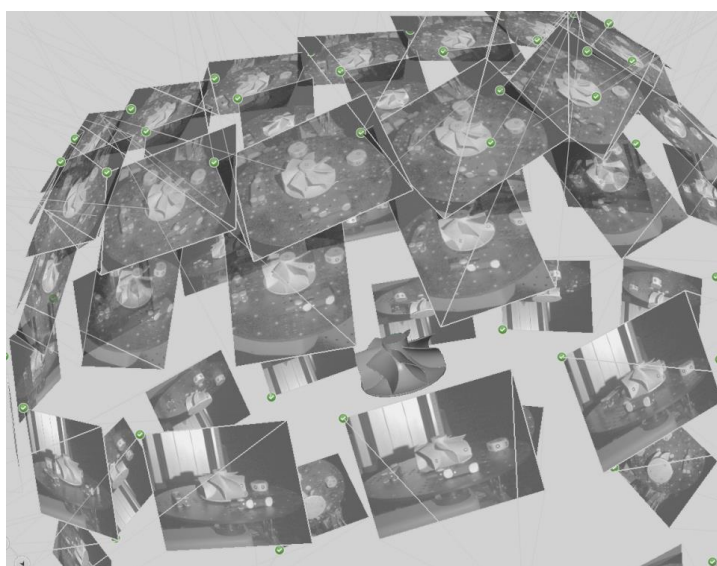
Vlastní proces digitalizace tedy můžeme rozdělit do několika dílčích kroků:

- Nastavení skeneru do vhodné polohy pro skenování.
- Nastavení optimálního expozičního času pro měření (viz. Obr. 6).



Obr. 6: Nastavení expozičního času v SW GOM Atos Professional

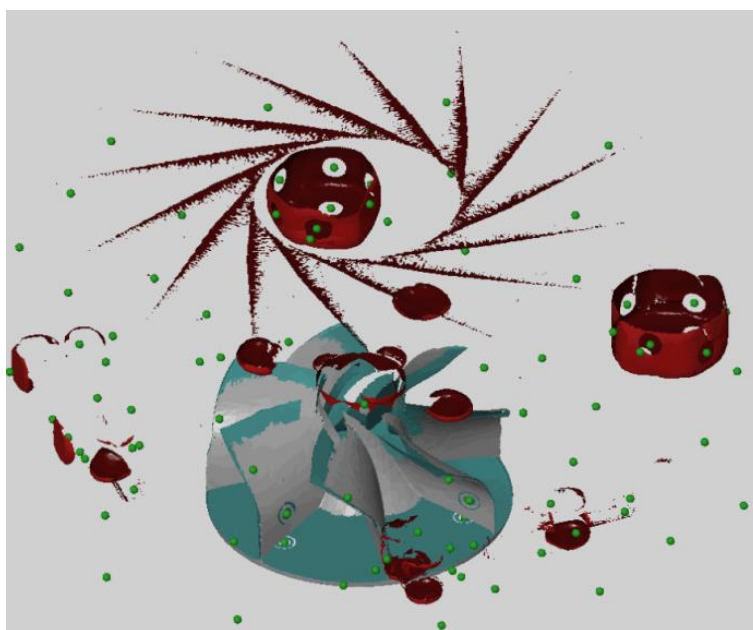
- Pořízení dostatečného množství skenů součásti z jedné strany.
- Otočení součásti.
- Vytvoření nové měřicí série.
- Pořízení dostatečného množství skenů dílu z druhé strany (viz Obr. 7).



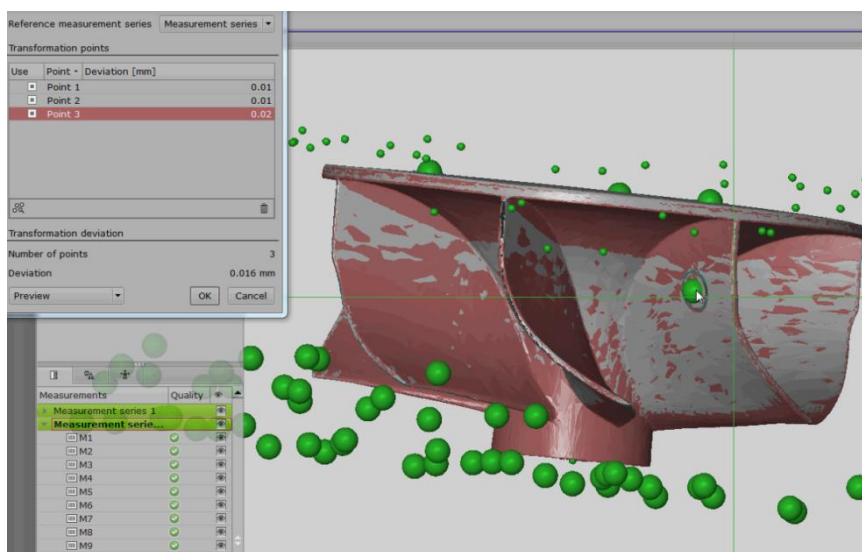
Obr. 7: Vizualizace pozic skeneru při pořizování jednotlivých snímků



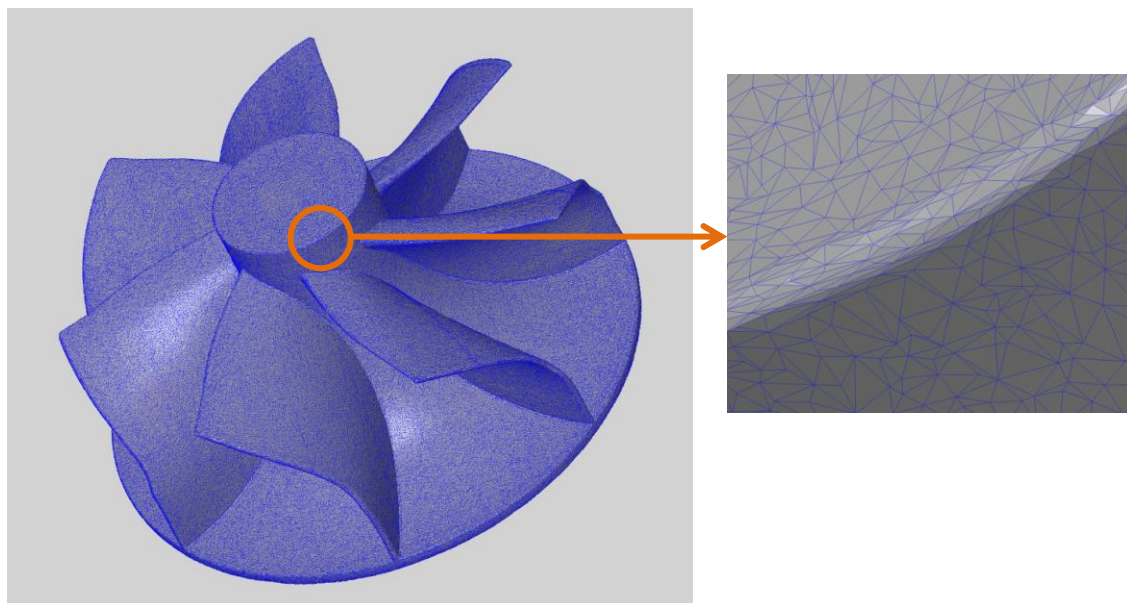
Následuje softwarová úprava naskenovaných dat. Nejprve je třeba provést spojení dílčích snímků dohromady (SW provede zpravidla automaticky), dále je vhodné odmazat nepotřebné části skenu (šum) (viz Obr. 8), v případě oboustranného skenování vzájemně ustavit jednotlivé měřicí série s využitím společných referenčních bodů do jednoho celku (provést transformaci v rámci souřadného systému) (Obr. 9) a nakonec provést výpočet optimalizované polygonální sítě (viz Obr. 10). S tou lze dále pracovat – provádět záplatování děr, redukci či zjemnění sítě, vyhlazení sítě apod.



Obr. 8: Výběr oblastí (červeně) pro odstranění



Obr. 9: Vzájemné ustavení jednotlivých měřících sérií s pomocí referenčních bodů



Obr. 10: Detail polygonální sítě

Takto vzniklý model je základním výstupem procesu digitalizace. Můžeme ho uložit např. ve formátu G3D, POL, PLY nebo zřejmě nepoužívanějším STL. Lze ho využít pro následnou úpravu a tvorbu modelu např. pro CNC obrábění, využít pro přímý 3D tisk, nebo pro kontrolu přesnosti výroby.

### 3 RevScan

#### 3.1 Princip snímání

Mobilní optický 3D skener RevScan, viz obr. 11, pracuje na principu projekce proužku světla na měřený objekt, který je snímán dvěma kamerami. Princip je tedy podobný jako u skeneru Atos, zde se však nepromítá sada proužků světla, ale pouze laserový kříž v červeném spektru světla. Skener nepotřebuje externí zařízení k určení vlastní polohy vůči snímanému objektu. Pro zjištění pozice používá tento skener reflexní značky (body), které mohou být náhodně umístěné na ploše snímaného objektu a/nebo kolem dílu. Na rozdíl od skeneru Atos zde není možné skenování bez použití těchto bodů. Bohužel body nejsou záměnné se skenerem Atos, který používá jednoduché papírové bílé body v černém poli. Pro skener RevScan je třeba použít speciální reflexní bílé body – důvodem je umístění filtrů světla před každou kamerou, které propouštějí jen úzké spektrum světla v červené oblasti. Proto je při skenování objekt a hlavně značky nasvětlovány červeným světlem z LED reflektorů umístěných kolem každé kamery.



Obr. 11: Mobilní optický skener RevScan s nezbytným příslušenstvím

### 3.2 Technické parametry

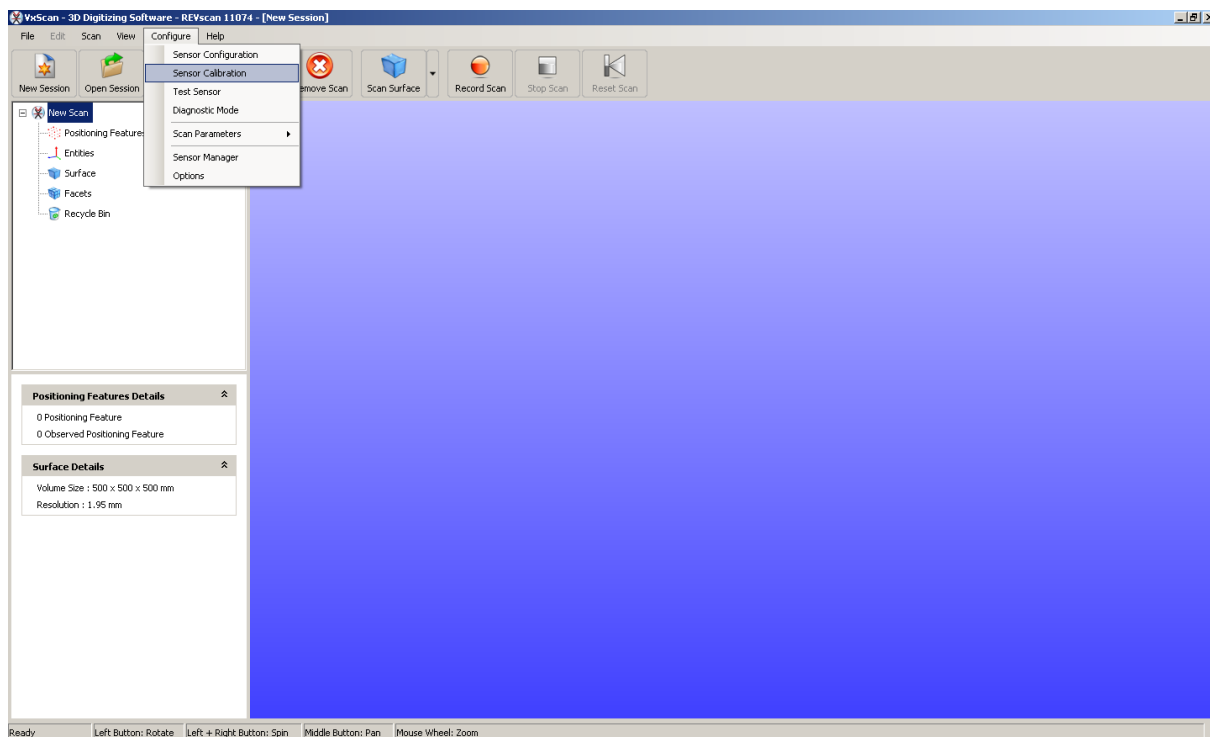
Základní výhodou skeneru RevScan je jeho mobilita, kdy kufr se skenerem a tašku s notebookem pohodlně unese jeden člověk. Určitou nevýhodou proti skeneru Atos je horší přesnost skeneru RevScan a hlavně podstatně menší hustota bodů a tím ve výsledku méně naskenovaných detailů. Měřicí objem je nastavován softwarově, skener nemá žádné výměnné díly.

Princip	optický bezkontaktní
Přesnost zařízení	cca 0,1 mm
Hustota bodů	0,2 mm – 2 mm, dle nastaveného měřicího objemu
Měřicí objem	100 – 1000 mm <sup>3</sup> * (volitelné plynule v softwaru)
Mobilita	snadno přenosný
Výhody	mobilní optický skener pro rychlou digitalizaci povrchu součástí
Nevýhody	průměrná přesnost, nemožnost měření v dutinách a podobných hůře přístupných místech

Tab. 2: Technické parametry systému RevScan

### 3.3 Seřízení a kalibrace přístroje

Podobně jako u předchozího skeneru je nutné před vlastní digitalizací součástí kalibrovat vlastní skener. Je třeba skener připojit k počítači prostřednictvím jednoho FireWire (IEEE 1394) portu a připojit napájecí adaptér skeneru. V počítači potom spustit program VxScan nebo novější VxElements a v menu „Configure“ spustit příkaz „Sensor Calibration“. Pro kalibraci je třeba dále použít speciální kalibrační desku, která je dodávána jako nedílná součást skeneru. Kalibrace v programu VxScan probíhá postupnou změnou vzdálenosti skeneru od kalibrační desky se stisknutým tlačítkem skenování („spoušť“ v rukověti skeneru), dokud software nesejme 10 snímků desky z různých vzdáleností. Poté je možné skener odložit do stojanu a dokončit kalibraci podle pokynů v okně programu.



Obr. 12: Program VxScan s příkazem pro spuštění kalibrace skeneru

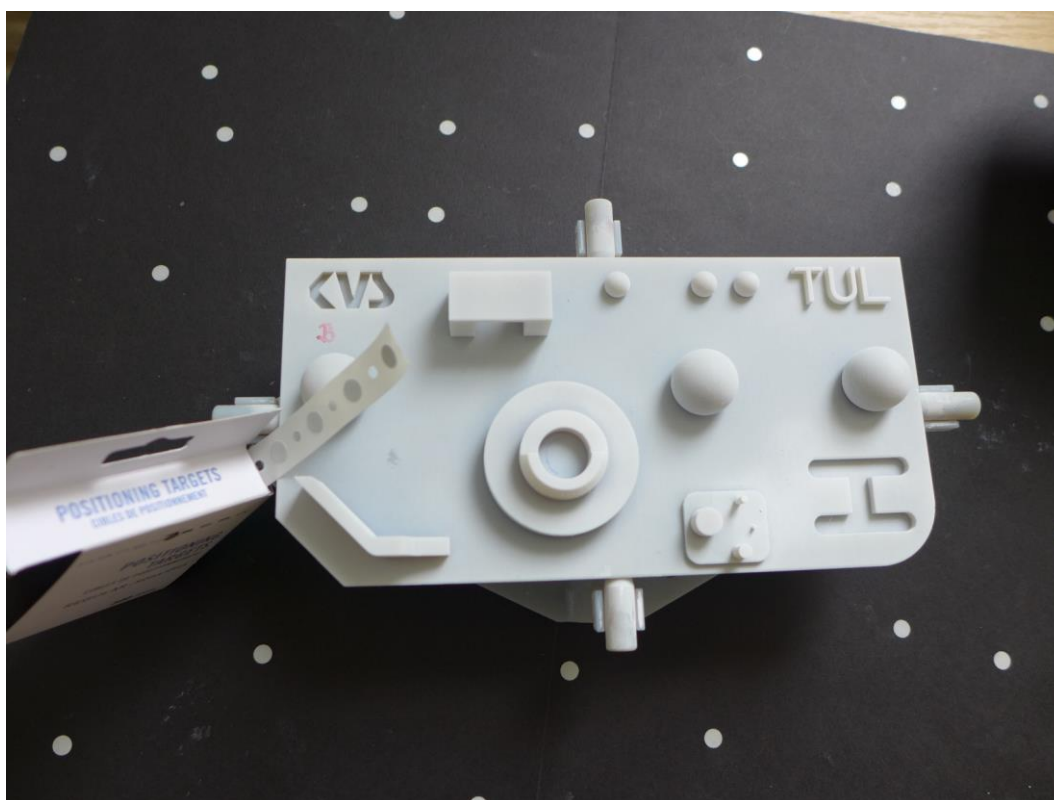
Kalibrace v programu VxElements je složitější, podobná kalibraci skeneru Atos, postupuje se podle grafické nápovědy zobrazené v okně programu.



Obr. 13: Skener RevScan při kalibraci

### 3.4 Příprava součásti na měření

Před skenováním součásti je potřeba polepit součást, příp. přípravky nebo okolí speciálními reflexními referenčními body. Ty se dodávají jako příslušenství skeneru a nejsou kompatibilní s body skenery Atos. Skener RevScan je při skenování držen v ruce a proto musí být jeho poloha vůči součásti stále přepočítávána, aby byl výsledek skenování v jednom globálním souřadném systému. Proto musí být viděny v každém okamžiku min. 4 referenční body. Pokud není tato podmínka splněna, je sice možné vypočítat souřadnice bodů v místě osvětlení laserovým křížem v lokálním souřadném systému skeneru, ale není možný přepočet do globálního souřadného systému, vztaženého k součásti. Proto program začne hlásit, že byla ztracena pozice skeneru a výsledky skenování nejsou zaznamenávány.



Obr. 14: Příprava součásti na skenování

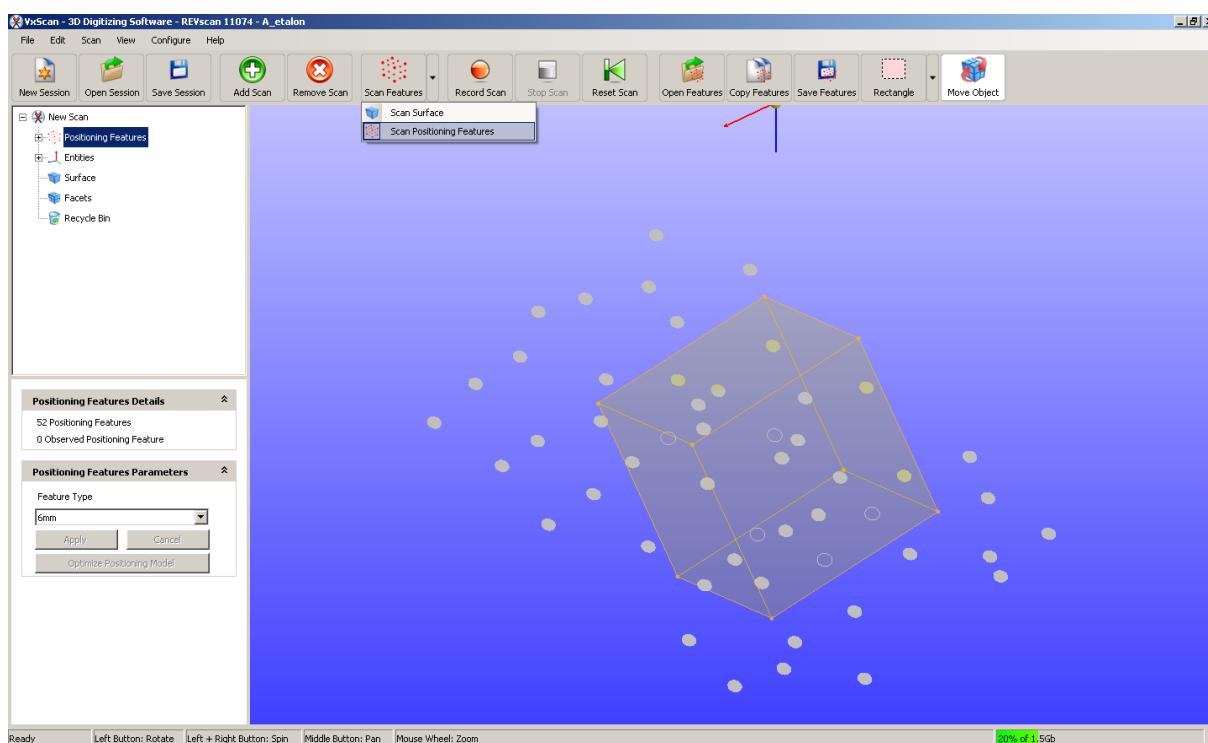
Aby nebylo nutné lepit příliš mnoho bodů na vlastní součást, používá se připravená černá podložka s již nalepenými body, viz obr. 14. Při skenování jedné pozice součásti pak samozřejmě není možné měnit vzájemnou polohu podložky a součásti.

### 3.5 Digitalizace součásti a zpracování dat

Obslužný program umožňuje skenování ve dvou režimech – buď jen skenování referenčních bodů, nebo skenování povrchu.

Režim skenování bodů (Scan Positioning Features) se používá hlavně tehdy, pokud je požadavek naskenovat součást z více stran. Řešením je napolohovat součást tak, aby byly viditelné body nalepené na obou / více stranách součásti a v tomto režimu přes pomocné body desky naskenovat co nejvíce bodů na součásti. Tím jsou všechny body na součásti získány v jednom souřadném systému, viz obr. 15.

Při skenování bodů není používán laserový kříž, pouze je součást nasvícena červeným světlem, aby světlo odražené od referenčních bodů prošlo filtry až ke kamerám. Tímto principem se eliminuje zobrazování všeho ostatního (kamery vidí pouze referenční body, v případě skenování ploch kříž a občas nežádoucí odlesky) a tím se zjednodušuje následné matematické zpracování obrazů z kamer.

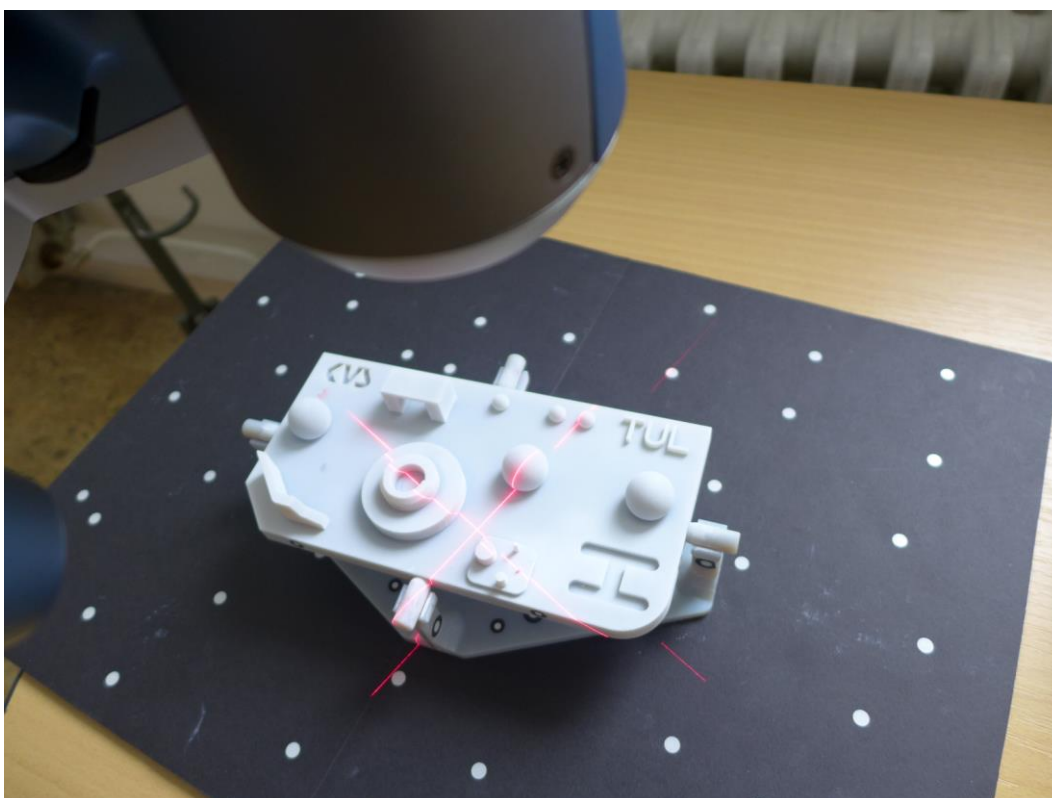


Obr. 15: Skenování referenčních bodů na součásti (i na pomocné desce)

Před vlastním skenováním ploch (Scan Surface) se obvykle součást přemístí, aby bylo možné naskenovat co nejvíce detailů ploch. Proto je nutné

z naskenovaných bodů odmazat body ležící na podložce a ponechat pouze body na součásti. Aby byla nalezena poloha skeneru vůči součásti, musí být v daném umístění vidět alespoň 4 body, jak již bylo dříve uvedeno.

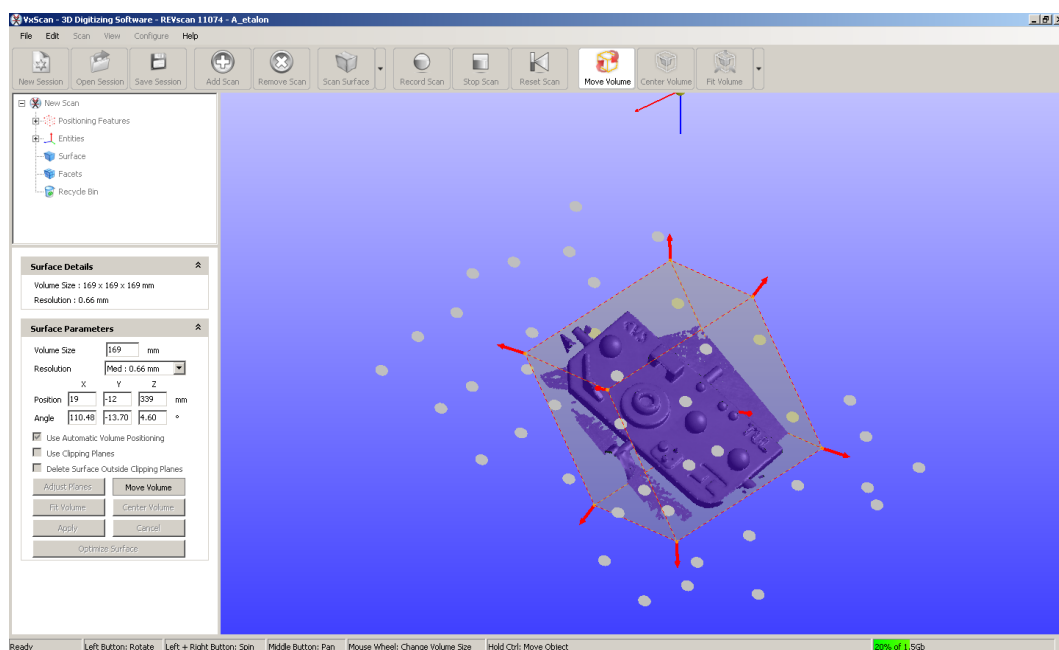
Smazání bodů, ale později i editace ploch, velikosti pracovního prostoru apod. se provádí výběrem příslušné položky ve stromě entit v levé části obrazovky. V příslušných proměnných nabídkách v menu nahoře, vlevo příp. pomocí kontextového menu se poté provádějí potřebné úkony.



Obr. 16: Skenování ploch součásti

Výchozí měřicí objem je nastaven na  $500 \text{ mm}^3$ , což ve většině případů nevyhovuje. Spolu s velikostí měřicího objemu se mění i rozlišení skenu – čím větší měřicí objem, tím horší rozlišení. Proto je obvykle dobré upravit měřicí objem na co nejmenší k dané součásti a co nejdříve. Se zvětšujícím se objemem dat při skenování se totiž prodlužuje i doba přepočítání dat při jakékoli změně. Na obr. 17 je vidět hrubě naskenovaná plocha a změna měřicího objemu – ve stromě položka „Surface“, „Surface Parameters“ a např. „Move Volume“, kde se pomocí myši přímo v okně grafiky mění velikost a natočení pracovního objemu, znázorněného šedivým obdélníkem s červenými šipkami pro tažení a rotaci.





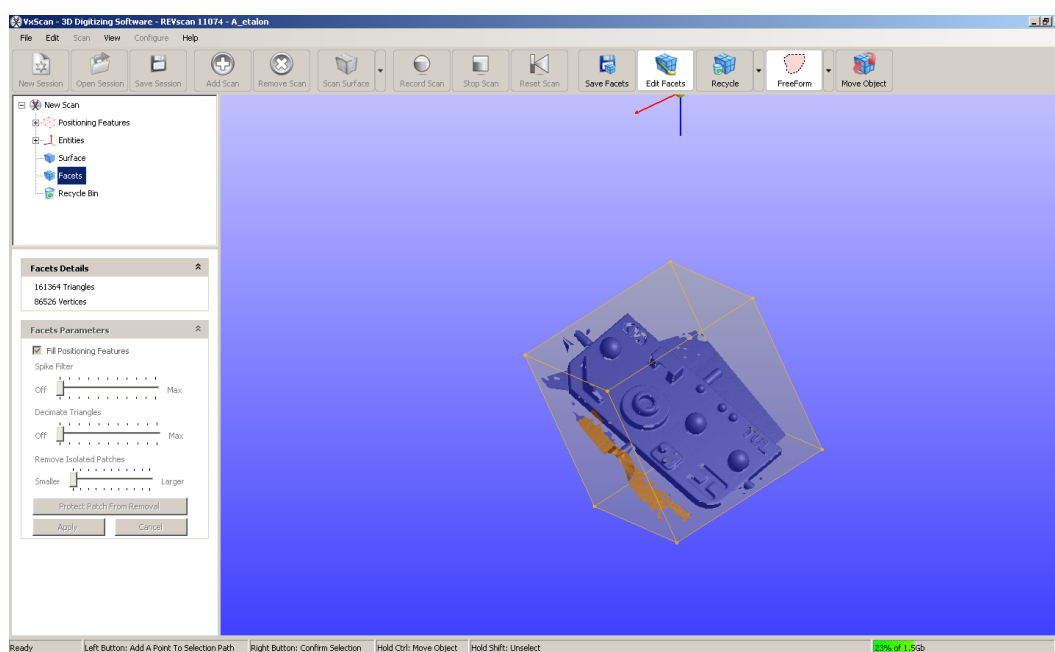
Obr. 17: Skenování ploch – změna měřicího objemu

Následuje detailnější skenování ploch, výsledek skenování i případná nenaskenovaná místa jsou přímo vidět na obrazovce počítače i v průběhu skenování. Takže změnou polohy skeneru a přejížděním laserovým křížem po povrchu součásti dochází k naskenování dalších a dalších detailů.

Zároveň se pomocí LED signalizace na těle skeneru a na obrazovce počítače pomocí barevného sloupce objevuje v průběhu skenování vzdálenost skeneru od měřené součásti. S ohledem na přesnost výsledků je dobré držet skener v optimální vzdálenosti, která je signalizována zobrazením v zeleném poli.

Obslužný program skeneru umožňuje i jednoduchou editaci naskenovaných ploch – obvykle se hodí např. odmazání naskenovaného pozadí před změnou polohy součásti. Je nutné i odmazání nově naskenovaných bodů podložky apod. tak, aby zůstaly známe opět jen body ležící na součásti. Poté může být změněna poloha součásti, a pokud jsou viditelné opět min. 4 body, skenování pokračuje dále z další strany v jednom globálním souřadném systému.

Po dokončení skenování je možné uložit celý projekt ve speciálním formátu programu VxScan nebo VxElements, ale hlavně uložit naskenované plochy jako mračno bodů nebo polygonální model pro další zpracování. Z dostupných programů na katedře je možné použít program GOM Inspect pro úpravu dat a vyhodnocení rozměrů, porovnání s CAD daty apod., nebo program Geomagic Studio opět pro úpravu dat a následný převod do matematických ploch pro další zpracování v běžných CAD programech.



Obr. 18: Editace naskenovaných ploch

## 4 Závěr

Ať již klasické měření či dnes moderní 3D digitalizace je důležitou složkou každého výrobního procesu, často již od fáze návrhu (designu) výrobku, přes ověřování a prvotní prototypovou výrobu až po kontrolu v procesu sériové produkce. Průmyslová výroba by bez užívání metrologických postupů v silném konkurenčním prostředí neuspěla. Proto je nezbytné, aby každý výrobní podnik měl útvar věnující se této problematice. Tak jako ve všech odvětvích, tak i v oblasti měření a kontroly je možné získat konkurenční výhodu kvalifikovaným používáním nejmodernějších zařízení a metod, která mohou zvýšit produktivitu a efektivitu celého výrobního procesu.

## 5 Literatura

- [1] GOM MBH. ATOS V7 – Hardware - User manual. Braunschweig, Germany, 2012.
- [2] GOM [online]. [cit. 2015-06-16]. Dostupné z: <http://www.gom.com/>
- [3] KELLER, P., R., MENDŘICKÝ, P., ZELENÝ, P., POKORNÝ. *Porovnání metod 3D měření a digitalizace rozměrů strojních součástí*. In. Proceedings of 8th Annual International Conference Manufacturing Systems Today and Tomorrow 2014, Liberec: TU v Liberci/KVS 2014. ISBN: 978-80-7494-150-4.