Dvousté výročí založení firmy Kern

PAVEL HÁNEK, PAVEL HÁNEK JR.

KLÍČOVÁ SLOVA
Kern & Co. AG, geodetické přístroje, fotogrammetrické přístroje, systémy průmyslových měření

Text uvádí základní informace o historii švýcarské firmy Kern & Co. AG, která významnou měrou ovlivnila světový vývoj zeměměřických přístrojů a praxe v oboru. Popisuje tři etapy vývoje a výroby geodetických a fotogrammetrických přístrojů v letech 1819–1988. Tabulky ukazují základní parametry typických přístrojů jednotlivých konstrukčních skupin.

1 HISTORIE FIRMY

Jakob Kern (1790–1867) narozený v Berlingenu v kantonu Thurgau byl vychován v rodině podnikatele a filantropa Johanna Rudolfa Meyera v Aarau.[1]

Obr. 1 Jakob Kern ([2])

[1] Hlavní město švýcarského kantonu Aargau, vzniklého roku 1803 při novém uspořádání státu.

Po absolvování kantonální školy, o jejíž vznik se Meyer také zasloužil, se vyučil v dílně na rýsovadla Louise Essera, založené roku 1801. Pak prošel bohatou praxí v několika německých městech a na závěr v Mnichově, který byl považován za jedno z evropských center optického výzkumu a konstrukce přesných mechanických přístrojů. Zde působil u známých konstruktérů geodetických přístrojů Josefa Fraunhofera a Georga von Reichenbacha. Po roce 1812 pracoval v Bernu v podniku bratří Ulricha a Christiana Schenkových, kteří vyráběli velké matematické a mechanické přístroje. Po návratu do Aarau založil roku 1819[2] podnik, který téměř dvě století nesl jeho jméno. Začínal také výrobou rýsovadel, která v programu podniku – i když ve značně pozměněné podobě – vydržela téměř po celou dobu existence.[3] Záhy se přidala výroba různých fyzikálních přístrojů. Roku 1828 získal zakázky na výrobu dvou osmipalcových teodolitů; druhý z nich, určený pro triangulaci, měl přesnost 10″. Dodával i přístroje pro první švýcarské mapování, iniciované generálem Dufourem,[4] od roku 1835 vedené Topografickým ústavem.[5] Mezi nimi byl též Bordův kruh o průměru 275 mm se setinným dělením, čtení čtyřmi verniery s přesností 20^{cc} pomocí dvou lup, z nichž každá byla nastavitelná nad dvě odečítací místa. Tyto zakázky rozhodly o dalším vývojovém a výrobním zaměření firmy.[6]

[2] Již roku 1817 založil v Aarau firmu na rýsovadla další Esserův vyučenec Friedrich Gysi (1796–1861), která později vyráběla též barometry, přesné váhy atd. Po roce 1919 se na chodu nástupnické firmy Glans, Lenzinger & Cie. podílela firma Kern, která ji roku 1939 odkoupila.
[3] V dubnu 1920 bylo ve filiálním závodě v Kaltbrunnu (kanton St. Gallen) denně vyráběno až 1 000 rýsovacích pomůcek.
[4] Generál Guillaume Henri Dufour (1787–1875), autor 1. topografické mapy Švýcarska 1 : 100 000 (tzv. Dufourkarte), publikované v letech 1845–1865, první předseda Mezinárodního komitétu Červeného kříže (1863).
[5] Eidgenössische Topographische Bureau, dnes Bundesamt für Landestopographie Swisstopo.
[6] Dostupný online: <http://doi.org/10.5169/seals-558866> [cit. 2019-04-30].

Obr. 2 Plakát firmy Kern (Stadtmuseum Aarau, foto autoři)

Roku 1865 se rodinná firma změnila na komanditní společnost Kern & Cie. (Kern & Co.) a roku 1914 na akciovou společnost Kern & Co. AG. Až do roku 1969 ve vedoucích funkcích působili příslušníci dalších generací rodu zakladatele.[7] Během doby se firma úspěšně rozrůstala, stala se světoznámou, konstruovala a vyráběla řadu optických přístrojů, zařízení a pomůcek pro civilní i vojenské použití. Byly vyráběny geodetické přístroje a pomůcky (heliotropy, vytyčovací hranoly), dalekohledy, zaměřovače, periskopy, ve 20. letech 20. století fotoaparáty. Roku 1921 odešel vynikající konstruktér Heinrich Wild (1877–1951) ze závodů Zeiss[8] v Jeně a založil obdobně zaměřenou firmu Wild v Heerbruggu, která se záhy stala vážným konkurentem. Kern Aarau od roku 1924 krátce spolupracoval s firmou Ernst Leitz ve Wetzlaru. Roku 1935 do firmy Kern přešel z podniku, nesoucího jeho jméno, Heinrich Wild. Po 2. světové válce firma exportovala 70 % produkce, v roce 1949 měla 77 zahraničních zastoupení.[9] V letech 1945 až 1963 podnik Kern vyráběl objektivy pro filmový průmysl (např. Paillard Bolex) i pro kosmickou agenturu NASA (konstruktér Walter Zürcher), po roce 1949 kratší čas lékařské přístroje. V roce 1954 byla založena dceřiná společnost Kern Instruments Inc. v USA, v roce 1972 v Kanadě a 1976 v Brazílii a Dánsku.

Roku 1958 byla firma reorganizována a výroba modernizována a racionalizována. Ukončení neziskové výroby geodetických přístrojů bylo zamítnuto, znovu bylo zřízeno fotogrammetrické oddělení. Přes pozoruhodné výsledky a pověstnou kvalitu se podnik v 80. letech 20. století dostal (zřejmě vinou vedení) do finančních a odbytových nesnází; na světovém trhu bylo množství levných, jednoduchých přístrojů jiných výrobců, konkurence byla značná i v oblasti přesných, špičkových přístrojů, vyžadujících značnou specializaci a stále i ruční práci. Peter Kern, člen správní rady, poslední rodinný zástupce ve firmě, získal v důsledku „nevyřešených (dědických) problémů poněkud nepřehledným způsobem většinový balík akcií"[10] a prodal jej na „černý pátek" 13. 5. 1988 konkurenční firmě Wild – Leitz Heerbrugg,[11] jejímž nástupcem se stala společnost Leica, dnešní součást koncernu Hexagon. Firma Kern pod názvem Leica Aarau zanikla roku 1991. Po celou dobu trvání geodetické a fotogrammetrické přístroje představovaly výrazně nadpoloviční podíl produkce. Základem firemního znaku byl kurzívou psaný název Kern, doplněný údajem Aarau nebo Swiss, ve 2. polovině 20. století obvykle v kruhu (**obr. 3**);[12] teprve v posledních měsících bylo logo pozměněno a doplněno pruhy v tyrkysové a žluté barvě (**obr. 4**), kterými byly lakovány i některé přístroje.

Obr. 3 Firemní logo (firemní materiál)

[7] Syn Adolf Kern (1826–1896) vedl firmu do 1885, jeho nevlastní bratr Emil Kern (1830–1898) do 1897, JUDr. Walter Kern v letech 1933–1969.

[8] Geodetické oddělení závodů Carl Zeiss Jena bylo založeno roku 1909.

[9] V době první čs. republiky zastupoval firmu Kern v Praze – Smíchově Karel Mockl. V 70. letech podle neověřených vzpomínek geodetické přístroje v Praze zastupoval Ing. Knobloch, resp. PZO Merkuria.

[10] Z brožurky Stadtmuseum Aarau – Industriegeschichte – Kern & Co. Nedatováno, dostupné 2019.

[11] Společnost Wild Heerbrugg AG fúzovala roku 1987 s firmou Ernst Leitz Wetzlar GmbH do Wild Leitz group. Ta se roku 1990 spojila s Cambridge Instrument Company Plc. do Leica Holding B.V. group. V jejím rámci byla výroba geodetických přístrojů 1997 převedena do uskupení Leica Geosystems. Švédská společnost Hexagon AB koupila Leica Geosystems koncem roku 2005.

[12] Tento a další obrázky, označené jako firemní materiál, byly převzaty z citovaných zdrojů na síti.

Obr. 4 Firemní logo z posledního období (archiv autorů)

Podnikový listinný archiv a téměř úplnou kolekci geodetického a fotogrammetrického instrumentária, včetně přístrojů pro dělení kruhů, převzala sbírka Sammlung Kern. Sbírka je prostorově oddělenou součástí (v bývalém vojenském krytu) architektonicky i tematicky zajímavého městského muzea (Stadtmuseum Aarau), přístupnou jen po dohodě. Byla doplněna dary domácích i zahraničních (zejména německých) institucí, škol a podnikatelů. V trvalé expozici muzea jsou umístěny některé z charakteristických výrobků firmy Kern, kdysi patřící mezi největší místní podniky; roku 1857 měla 42 zaměstnanců, na přelomu 19. a 20. století už zhruba 120 zaměstnanců, v roce 1963 asi 1300 zaměstnanců. Z geodetických přístrojů je vystaven např. velký vytyčovací přístroj používaný na stavbě Simplonského tunelu a teodolit DKM3. Při muzeu velmi aktivně působí pod názvem Arbeitsgruppe Kern pracovní skupina příznivců a dřívějších zaměstnanců firmy, kteří jsou mnohdy též členy Společnosti pro dějiny geodézie ve Švýcarsku. Jejich zásluhou vznikl pamětní spis [2], který organizační, obchodní, technický i finanční vývoj firmy podrobně dokumentuje, včetně sociálních záležitostí zaměstnanců a vlivu světových válek a hospodářských krizí na chod podniku. Neuvádí však ucelený přehled technických parametrů výrobků. Mnohé informace (včetně placených) lze najít na internetové síti.[13] Obrázky v textu pocházející z těchto zdrojů jsou označeny jako firemní materiál.

2 GEODETICKÉ PŘÍSTROJE

V souladu s rozvojem firmy i obecně techniky a oboru můžeme definovat tři období, v nichž Kern ovlivnil světový i náš vývoj.[14] Popisy konstrukcí jsou v různé míře podrobnosti popsány v časově souběžných, běžně dostupných českých i zahraničních učebnicích a příručkách, resp. v dalších pramenech, uvedených v poznámkách.[15]

2.1 Mechanické přístroje

První období vrcholilo na přelomu 19. a 20. století, kdy firma Kern dodala úplné vybavení pro zaměření vytyčovací sítě a vytyčovací práce pro výstavbu Simplonského tunelu[16] a některých dalších (Gotthard, Lötschberg, Mont Cenis), patřících k tehdejším vrcholům technického umění. Parametry instrumentária a jeho dosahované přesnosti lze podle našeho názoru považovat za charakteristiky přístrojů nejvyšší třídy. Od počátku byly úhloměrné přístroje pro civilní účely dodávány s dělením kruhů 360º nebo 400ᵍ.

První tubus přímého Simplonského tunelu délky 19 803 m byl ražen protičelbou v letech 1898–1905. Prorážka ze dne 23. 2. 1905 vykázala vynikající příčnou odchylku 0,20 m, výškovou 0,09 m, a nevýznamnou podélnou odchylku (zejména vlivem rozměru sítě) 0,56 m. Provoz byl zahájen 26. 5. 1906.[17] Síť s 11 body a 2 portálovými body s maximálním převýšením až 2,9 km navrhl a během 41 dnů na podzim 1898 zaměřil Ing. Max Rosenmund (1857–1908) repetičním teodolitem Kern [8]. Vodorovný kruh o průměru 21 cm byl čten mikroskopem s přesností 4″, svislý kruh o průměru 16 cm vernierem s přesností 10″. (Zvětšení dalekohledu obdobného přístroje bylo 34×.) Po jeho poškození pádem z pilíře při náhlém poryvu větru byl po dobu opravy používán teodolit Kern s průměry kruhů 24 cm a 16 cm se čtením verniery na 10″. Měření vodorovných úhlů na stanoviscích sítě bylo prováděno Schreiberovou metodou, z opakovaného měření byla zavedena oprava ze sklonu točné osy.[18] Vnitřní přesnost měření je charakterizována střední chybou směru 1,12″, po vyrovnání 0,91″**.** K podrobnému vytýčení bodů osy tunelu sloužily dva vytyčovací přístroje Kern; v podstatě to byly přesné teodolity bez dělených kruhů. První z nich měl zvětšení dalekohledu 40×, sázecí libelou o citlivosti 6″ – 10″ pro pařížskou čárku (2,256 mm), výšku 485 mm, hmotnost asi 25 kg a délku záměry až 2 km (**obr. 5**). Byl trvale postaven a orientován v síti na observační stanici u portálu a jeho pomocí byly vytyčovány body osy. Druhý

[13] Např. http://museum@aarau.ch, též https://www.kern-arau.ch/kern/willkommen/welcome.html, https://cs.wikipedia.org/wiki/Kern_%26_Co [cit. 2019-04-30].

[14] V letech 1891–1893 řídil asistent pražské české polytechniky František Novotný (pozdější profesor) v zastoupení prof. Františka Müllera měřické a výpočetní práce, spojené s vyhotovením tzv. regulačních plánů města Písku novou polygonometrickou (číselnou) metodou. Emanuel PROCHÁZKA v ([5], s. 79) uvádí, že k měření byl použit teodolit Kern č. 186, zakoupený roku 1876. Vodorovný kruh byl čten dvojicí vernierů na 10″, svislý kruh na 1′. Druhým přístrojem byl jednoosý minutový teodolit Breithaupt. Výsledky tohoto a několika dalších měření přesvědčily o použitelnosti nové metody a posloužily jako podklad pro stanovení mezních odchylek pro revidované vydání Instrukce polygonální. Geodetický ústav vlastnil od téhož roku Kernův nivelační přístroj s průhledítky a repetiční tzv. univerzální nivelační přístroj č. 171. Přístroje roku 1917 převzala armáda jako sběr pro válečnou výrobu.

[15] Např. [6] nebo Ryšavý, J., *Geodesie.* Díl I, II. Praha, SNTL 1955. Deumlich, F. – Staiger, R., *Instrumentenkunde der Vermessungstechnik*. 9. vydání. Heidelberg, Herbert Wichmann Verlag 2002.

[16] TU Bergakademie Freiberg bez bližších údajů uvádí, že se při výstavbě Simplonského tunelu uplatnily freibergské teodolity. Viz Freiberg und die Vermessung der Welt – Kurzinfo. Dostupný online: <https://mageoserv3.mabb.tu-freiberg.de/lfs1/Sammlung/Freiberg_Verm_der_Welt.pdf> [2019-06-17].

[17] Podrobnosti např. HÁNEK, P. Simplonský tunel a jeho vytyčovací síť (Ke 100. výročí zahájení provozu). In: *Z dějin geodézie a kartografie 14*, Rozpravy NTM v Praze 211. Praha, NTM 2010, s. 66–70.

[18] Jedná se o měření úhlů na stanovisku ve všech kombinacích, kdy každý směr *s* se kombinuje se zbývajícími směry. Každý z *n* úhlů, kde n = [s(s-1)/2], se měřil opakovaně na různých místech děleného kruhu samostatně v tzv. dvojicích nebo laboratorních jednotkách, v libovolném pořadí podle viditelnosti. Kromě toho každý úhel byl odvozen jako rozdíl nebo součet měřených úhlů. Metoda byla zavedena roku 1878 v pruské triangulaci. Počet opakování observací *r* se lišil podle počtu směrů *s* na stanovisku tak, aby váhy *p* vyrovnaných úhlů byly stejné (r = 2p/s), např. 2 směry – 48 opakování, 8 směrů – 12 opakování; váha p = 48 byla oproti pruské síti vyšší.

Obr. 5 Velký vytyčovací přístroj [2]

přístroj s 30× zvětšením byl určen pro práce v tunelu, přímka (osa) se prodlužovala proložením dalekohledu. Oba přístroje byly vybaveny acetylénovým osvětlením, později nahrazeným bateriovým elektrickým.

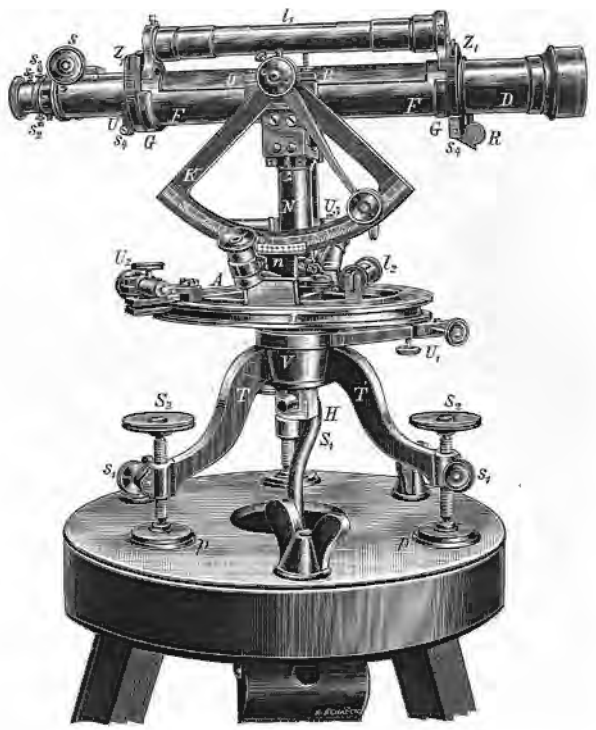
Teorie nivelace – zejména pro měření v horách – a nivelační přístroje procházely prudkým vývojem. O konkrétních přístrojích pro Simplonský tunel jsme nenalezli zmínky, pro měření platilo v roce 1901 kritérium $3\sqrt{r}$ [mm; km]. Firma Kern & Cie. v roce 1880 nabízela přesný nivelační přístroj s nivelační libelou na dalekohledu a svislým mikrometrickým šroubem. Libela byla částečně uložena v dřevěném pouzdře, snad s funkcí termostatu. Pro běžné práce byly určeny tzv. univerzální nivelační přístroje, připomínající teodolit – tachymetr. Měly citlivou sázecí libelu, segment svislého kruhu, repetiční uspořádání os, dalekohled obvykle nebyl překladný (**obr. 6**).[19]

V konstrukci přístrojů byla používána optika dalekohledů i některé další části (např. mikroskop pro čtení vodorovného kruhu teodolitů), dodávané firmou Carl Zeiss Jena, příp. dalšími výrobci. Roku 1897 firemní katalog nabízel 32 různých nivelačních přístrojů, 10 měřických stolů, 47 jednoosých a dvouosých (repetičních) teodolitů, přístroje pro astronomická pozorování a další přístroje a pomůcky.

[19] Na obrázku je univerzální nivelační přístroj Kern č. 171, který v roce 1876 zakoupil Geodetický ústav České vysoké školy technické. Viz NOVOTNÝ, F. *Geodésie nižší*. III. díl, 3. vydání. Praha, ČMT 1912, s. 162.

Přístroje byly mosazné, obvykle s ochranným černým lakováním nosníků, později celkovým olivově zeleným nebo šedým lakováním. V roce 1910 byl zakoupen od firmy Gustav Heyde v Drážďanech automatický dělicí stroj kovových kruhů, který nahradil původní zařízení J. Kerna pro ruční výrobu stupnic. Podíl výroby rýsovacích nástrojů klesl pod 40 %. Mezi významné obchodní partnery patřilo Rusko, Kanada a USA.

Firma na počátku 20. století jako novinku vyráběla několik typů teodolitů – tachymetrů s integrovaným dálkoměrem. V roce 1910 to byl zajímavý Zwicky-Kern-Tachymeter. Jeho principem jsou dva nad sebou umístěné dalekohledy, každý s vlastní klopnou osou, jejichž pomocí vzniká dálkoměrný úhel. O dva roky později vznikl tachymetr s kontaktním dálkoměrem Sanguetova typu (Balu-Kern-Kontakt-Tachymeter), který se vyráběl až do roku 1945. Kusová nebo malosériová výroba se měnila na sériovou produkci. S tím se rozrůstaly a měnily i výrobní prostory – z dílenských na tovární. Po 1. světové válce podnik dospěl do stavu, kdy byl zásluhou zkušeného Ing. Waltera Zschokke z Berlína schopen vyvíjet a od roku 1919 úspěšně vyrábět vlastní optické prvky a konstrukce. V roce 1920 byl odkoupen podnik Eberle-Reichel (Berlin – Stuttgart), vyrábějící libely pro geodetické přístroje. Firma Kern se tak zbavila závislosti na vnějších dodavatelích.



Obr. 6 Univerzální nivelační přístroj č. 171 ([6], III. díl, s. 162)

2.2 Optomechanické přístroje

Druhé období charakterizují přístroje se skleněnými dělenými kruhy.[20] Z produkce Kern to byly stavební teodolit K0-S se čtením čárkovým mikroskopem, vteřinový K1-A s mikrometrem a K1-AE se vzpřímeným obrazem, K1-M se čtením mikrometrem, K1-MT v úpravě s odnímatelnou třínožkou pro trojpodstavcovou metodu, K1-S se stupnicovým mikroskopem v úpravách SE, ST. Koncem 30. let 20. století byly H. Wildem ve spolupráci s Rudolfem Hallerem konstruovány tzv. dvoukruhové teodolity (DK). Vnitřní čárková stupnice sloužila v čtecím mikroskopu jako index na vnější číslované stupnici na obvodu kruhu nebo při použití optického mikrometru ke koincidenci. Konstrukce vykazovaly řadu nových konstrukčních prvků. Mezi ně patří nahrazení stavěcích šroubů excentrickými vačkami s vodorovnou osou otáčení s poměrně malým rozsahem, což si vynutilo stativy s výkyvnou (pohyblivou) kulovou hlavou, která dovolila hrubou horizontaci přístroje. U některých přístrojů byly vačky jen dvě, takže po urovnání byla zajištěna konstantní výška horizontu přístroje.

Časově sem spadá i představení prototypu fotogrammetrického vyhodnocovacího přístroje stereodvojic pozemních snímků podle návrhu španělského plukovníka Ordováse v roce 1930 na kongresu v Curychu.[21]

Po 2. světové válce byly vyráběny úplné řady úhloměrných přístrojů se skleněnými kruhy. Z dvoukruhových přístrojů to byly minutové teodolity **(**tachymetry) DKM1, DK1[22] (M v označení přísluší čtení mikrometrem), vteřinové teodolity DKM2 (**obr. 7**) a DKM3 (prototyp představen roku 1955). Od roku 1960 byl vyvíjen a následně vyráběn kapalinový kompenzátor svislého kruhu. Astronomický teodolit DKM3-A s osou okuláru vyvedou pro snadné pozorování do klopné osy lomeného dalekohledu, patřil mezi nejpřesnější přístroje své třídy. Zejména typ DKM2 měl řadu variant, označených symboly: AA pro armádu USA, AC s autokolimačním okulárem, AE se vzpřímeným obrazem a automatickým vyloučením indexové chyby výškového kruhu, AL s laserovým okulárem, LRP s čidlem Laser Range Pole, T pro tachymetrii. K přístroji DKM 2A (2AE) byl nabízen mikrometr svislé točné osy s přesností až 1″, který svou funkcí nahrazoval sázecí libelu, tj. zvyšoval přesnost měření vodorovných směrů při strmých záměrách. Základní parametry jsou uvedeny v následující tabulce (**tab. 1**).[23]

Obr. 7 Teodolit DKM2 (Zeměměřický úřad, foto Petr Mach)

Tab. 1

Typ	**DKM 3**	**DKM 2**	**DK 2**	**DKM 1**	**DK 1**
Dalekohled					
zvětšení x	45/36	30	30	20	20
ostření od m	1,5	1,7	1,7	0,9	0,9
Libela "/2mm					
alhidádová	10	20	30	30	45
indexová	10	20	30	30	30
Hz kruh					
průměr mm	100	75	75	50	50
čtení odhadem	0,1″/0,1^{c}	0,1″/1^{cc}	0,1′/0,5^{c}	1″/5^{cc}	0,5′/1^{c}
V kruh					
průměr mm	100	70	75	50	50
čtení odhadem	0,1″/0,1^{c}	0,1″/1^{cc}	0,1′/0,5^{c}	1″/5^{cc}	0,5′/1^{c}
Hmotnost kg	11,2	3,6	3,6	1,8	1,8

[20] Světová priorita použití skleněného děleného (vodorovného) kruhu patří pražské firmě Josef a Jan Frič, která v letech 1884–1885 vyrobila v malé sérii důlní teodolit DUPLEX. Skleněné kruhy se v praxi prosadily až na čtvrtý pokus roku 1922 zásluhou Heinricha Wilda v závodech Zeiss.

[21] Řešení je obdobné konstrukci autostereografu rakouského npor. Eduarda von Orel, který roku 1908 vyrobila vídeňská firma Rudolf und August Rost. V letech 1909 a 1911 byl upraven již jako stereoautograf v závodech Zeiss.

[22] Buzolní typ DK1-S byl zobrazen na irské a DKM3 na jihoafrické poštovní známce. Podle sdělení Ing. Jana Ratiborského je DKM1 zobrazen na známce Jižní Georgie a Jižních Sandwichových ostrovů, E2-ST na obálce prvního dne Královské společnosti autorizovaných měřičů z 19. 9. 1991. I to jistě svědčí o popularitě a rozšíření značky .

[23] Popis a parametry některých uváděných přístrojů byly publikovány v [7].

Početně byly v nabídce zastoupeny také redukční tachymetry s latí v cíli. Mezi ně patří DK-RT s dvojobrazovým dálkoměrem s vodorovnou latí a diagramový tachymetr DKR, jejichž přesnost je obdobná jako u jiných výrobců.[24] Dosah pro delší lať 2,1 m je 206 m. U dalších dvou přístrojů je na svislém kruhu stupnice funkce tangens nebo běžná úhlová stupnice, pro oba kruhy se setinným nebo šedesátinným dělením. Konstrukční zvláštností je přístroj DK-RV, u nějž se vzdálenost dálkoměrných rysek pro čtení na speciální svislé lati mechanicky mění v závislosti na sklonu záměry. Přesnost měřených délek je 0,04 m/100 m. Vodorovný kruh lze odečítat podle požadované přesnosti indexem nebo mikrometrem. Převýšení se dopočítává pomocí (čtené nebo tabulkové) hodnoty funkce tg. U přístroje K1-RA se vodorovné délky nebo převýšení čtou přímo na lati po přepnutí prstencovým točítkem u pravého nosníku. Přesnost měřených délek i převýšení dosahuje podle firemních materiálů hodnoty 0,10 – 0,20 m /100 m. Vodorovný kruh je čten stupnicovým mikroskopem (mřížkou) nebo mikrometrem. Přístroj byl dodáván s volitelným směrem číslování vodorovného kruhu (v **tab. 2** jsou tyto přístroje označeny „mechanický". Přesnost čtení vodorovného kruhu je uváděna pro oba možné způsoby).

Vyráběna byla také tachymetrická buzola se zvětšením dalekohledu 24×, citlivostí libely 40″, čtením stupnice buzoly (tzv. hodinového kruhu) vodorovného kruhu s dělením 1^g odhadem na 10^c a čtením svislého kruhu čárkovým mikroskopem odhadem na 2^c. Přístroj byl dodáván i se šedesátinným dělením. Kromě toho byla v nabídce invarová základnová lať IB (Invarbasislatte) délky 2 × 1 m s rameny spojenými kloubem, nasazovací dálkoměrný dvouobrazový klín Arregerova typu, stativy, terče a další příslušenství a pomůcky.

Konstrukčně zajímavé bylo pravítko RK měřického stolu s konstantním sklonem okuláru asi 45⁰, pro měřiče velmi příjemným zejména při strmých záměrách. Dalekohled se zvětšením 27× je vybaven diagramovým dálkoměrem s určením převýšení běžné přesnosti, nejkratší záměra je 2,8 m. Svislý kruh o průměru 50 mm je dělen po$10'/10^c$, čtení odhadem stupnicovým mikroskopem $1'/1^c$, hmotnost 3,1 kg. Hrana pravítka byla rovnoběžně odsunutelná pomocí paralelogramu.[25]

Po 2. světové válce firma Kern nabízela samozřejmě také úplnou řadu nivelačních přístrojů, vybavených ryskovým dálkoměrem. Kromě starších modelů, např. III (**obr. 8**), to byly typy NK1, NK2, NK3, varianta NK3A byla doplněna optickým mikrometrem. Některé z nich byly vybaveny vodorovným kruhem a označeny písmenem C – např. NK2C s odečítáním stupnicovým mikroskopem (mřížkou) na 10^c.

Tab. 2 Tachymetry

Typ	**DK-RT**	**DKR**	**DK-RV**	**K1-RA**
	dvojobrazový	diagramový	mechanický	mechanický
Dalekohled				
zvětšení	27	30	27	28
ostření od m	2,0	1,7	1,8	1,8
Libela "/2mm				
alhidádová	30	30	30	35
indexová	30	30	30	komp.
na dalekoh.	-	-	30	-
Hz kruh				
průměr mm	75	75	80	89
čtení odhadem	$0{,}1'/0{,}1^c$	$0{,}1'/0{,}5^c$	$1^c/1^{cc}$	1′/5″
V kruh				
průměr mm	50	70	56	70
čtení odhadem	$0{,}1'/0{,}1^c$	$0{,}1'/0{,}5^c$	0,0001 tg	0,0001 tg
Hmotnost kg	4,6	3,6	4,9	4,5

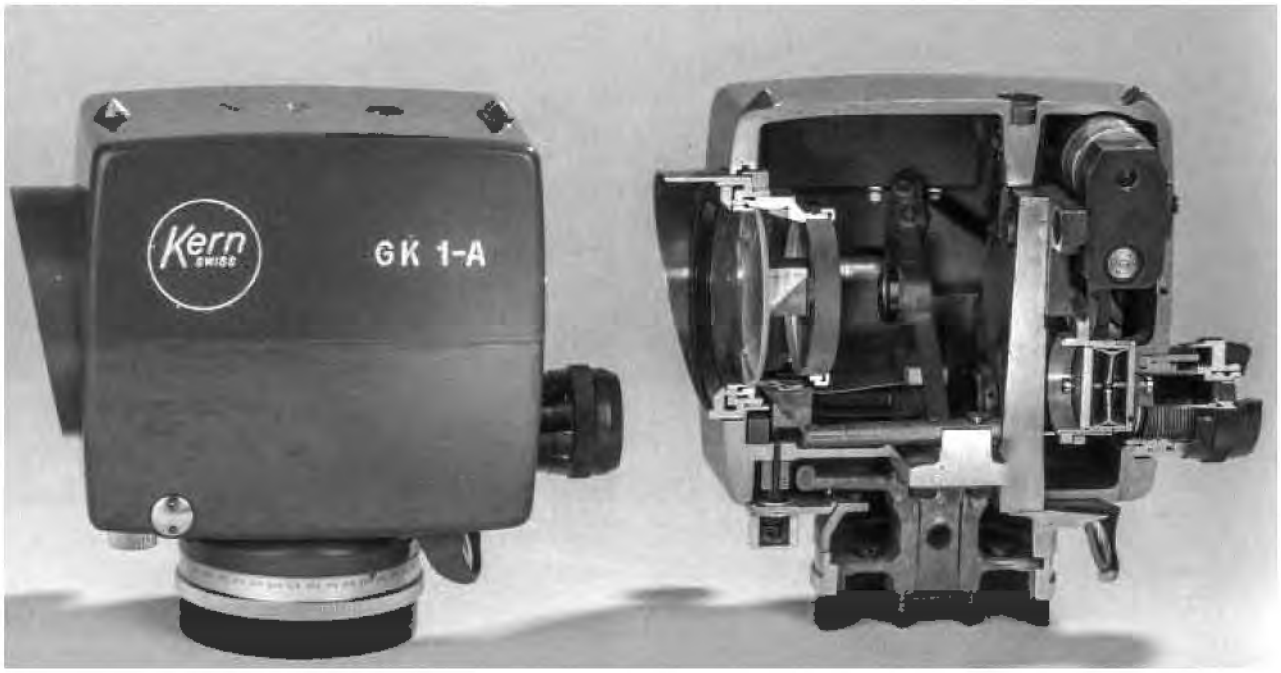
[24] Diagramové přístroje měly obdobnou přesnost jako přístroje pro ryskovou (nitkovou) tachymetrii, tedy 0,25 m až 0,30 m/100 m v délce a 0,03 m až obvyklých 0,10 m/100 m v určovaném převýšení. Dvojobrazové dálkoměry dosahují přesnosti délek až 0,02 m/100 m.

[25] V letech 1957–1972 probíhalo v ČSSR nové topografické mapování v měřítkách 1 : 10 000 a 1 : 5 000 fotogrammetrickou univerzální metodou. Po klasifikaci probíhala revize a doplnění výškopisu měřickým stolem Frič, později Kern RK (zdroj *Kalendář Zeměměřického úřadu 2019*, list 7, text Jiří ŠÍMA. Praha, ZÚ 2018).

Obr. 8 Nivelační přístroj NK III-M (Zeměměřický úřad, foto Petr Mach)

Zkratkou GK byly značeny typy GK0, GK1, GK2, které byly horizontovány výkyvnou hlavou stativu (Gelenkkopf). Typ GK 1 mohl být dovybaven mikrometrem s planparalelní deskou. U GK0-C byl kruh čten indexem. Typ GK 23 pro přesné nivelace byl vybaven optickým mikrometrem a obrazem koincidenční libely v zorném poli dalekohledu. Varianta GK 23C byla doplněna skleněným kruhem průměru 62 mm se čtením stupnicovým mikroskopem na 1′/1^{c}, typ 23 E, resp. CE, měl vzpřímený obraz a zvětšení 32×.

Po roce 1961 byly do výrobního programu zařazeny kompenzátorové (samourovnávací) přístroje s doplněním typového označení písmenem A. Místo párových ustanovek je použita třecí spojka a nekonečná jemná ustanovka. K nim patří GK 0A a dále typ GK 1-A (**obr. 9**), se zvětšením 25×, určený pro technickou nivelaci. Vodorovný kruh má tvar nízkého kovového prstence a je čten indexem, pozorovaným lupou. Typ GK 2-A pro přesnou nivelaci mohl být vybaven mikrometrem s planparalelní deskou. Posledním



Obr. 9 Nivelační přístroj GK 1-A (firemní materiál)

Tab. 3 Nivelační přístroje

Typ	**NK 3-M**	**NK 2**	**GK 1**	**GK 23**	**GK 0A**	**GK 2A**	**Kernlevel**
Určení	VPN	PN	PN	VPN	PN	VPN	PN
Citlivost libely″/2 mm	5–8	30	40–50	18	–	–	–
Přesnost kompenzátoru	–	–	–	–	3″	0,3″	1″
Zvětšení dalekohledu	30	24	22,5	30	21	32,5	25
Minim. zaostření m	1,7	1,3	0,9	1,8	0,75	2,2	0,5
Chyba mm/1 km	0,4	2,5	2,5/4,0	0,5/2,0	2,5	0,3/0,7	2,0
Hmotnost kg				1,5	1,9	3,5/4,2	1,6

Obr. 10 Provažovač OL (FSv ČVUT – K 154, foto autoři)

vyráběným modelem byl Kernlevel, dodávaný se stavěcími šrouby nebo v úpravě pro výkyvnou hlavu stativu. Byl vybaven děleným kruhem průměru 64,5 mm, čteným indexem s lupou odhadem na 0,1°/0,1 gon. Parametry některých modelů jsou uvedeny v **tab. 3** (Poznámka: V řádku km chyby, resp. hmotnosti, je u příslušných typů uváděna hodnota s mikrometrem / bez mikrometru).

Samostatnou skupinu představuje optický provažovač OL se zenitovým i nadirovým směrem pozorování, zvětšení 22,5×, schopnost zaostření od 0,8 m, citlivost libely 20", hmotnost 3,7 kg, relativní přesnost 1 : 50 000 (**obr. 10**).[26]

V roce 1950 firma Kern začínala s výrobou analogových fotogrammetrických přístrojů podle patentů H. Wilda pro snímky formátu až 23 cm × 23 cm**.** Přístroj (Photogrammetrisches Gerät) PG 0 zůstal jen prototypem, stejně jako PG 1. Světového úspěchu dosáhl PG2 (**obr. 11**), který byl (spolu s PG 1) prezentován na kongresu ISP v Londýně v roce 1960. Projekt si vyžádal pomoc firem specializovaných na elektroniku, zejména firmy SIP v Ženevě (Société Genevoise d'Instruments de Physique), se kterou společnost Kern spolupracovala již řadu let. Pohyb měřické značky po stereoskopickém modelu pomocí joysticku byl ovládán programem firmy Contraves z Curychu. Výsledkem byla robustní a plochá konstrukce s připojeným kreslicím stolem. Na vývoji se podílel fotogrammetr Henk Yzerman, který pro neshody s vedením odešel.[27] Současně bylo vystaveno zařízení PLP (Parallel Light Printer) pro vyrovnání hustoty tmavých a světlých částí na leteckých snímcích, v nichž zanikaly detaily. (Vynikající výsledky však měly i testy PLP na lékařských rentgenových snímcích např. zlomenin.) PG 2 byl velmi úspěšný pro mapování v malých měřítkách vyrobeno bylo asi 700 kusů.[28] Základní typ byl určen pro snímky pořízené kamerami s ohniskem 150 mm, verze PG 21 pro ohniska od 210 mm, verze R a SSL byly určeny pro vyhodnocování snímků, pořízených širokoúhlými a velmi širokoúhlými objektivy. Pro PG 2-AT byl vyvinut systém PS pro vyhodnocování profilů a řezů. Registrační zařízení a koordinátograf nesly označení ER 2 a ECR 2. Roku 1968 byl na kongresu v Lausanne představen univerzální přístroj PG 3, určený pro tvorbu map velkého měřítka. V 80. letech byl nabízen monokomparátor MK 2 (zvětšení až 60×, střední chyba 1μm), kreslicí stoly AT (860 mm × 1360 mm) a GP, ortoprojektor OP 2, přístroj pro označení bodů pro aerotriangulaci PMG 1, resp. PMG 2 (zvětšení 5× až 25×).

[26] Přístroj ve vlastnictví katedry speciální geodézie FSv ČVUT v Praze byl použit při výstavbě Nuselského mostu v Praze, zprovozněného v roce 1973.

[27] AESCHLIMANN, Heinz. Some Remarks about the Technical Background of Kern & Co Aarau. Dostupný online: <https://www.history-of-geodesy.ch/images/gggs/publikationen/gggs/Remarks-Kern_Paper_FIG_Aeschlimann.pdf> [cit. 2019-06-04].

[28] Ze švýcarských výrobců větší série dosáhl jen přístroj Wild A8 – 1035 kusů.

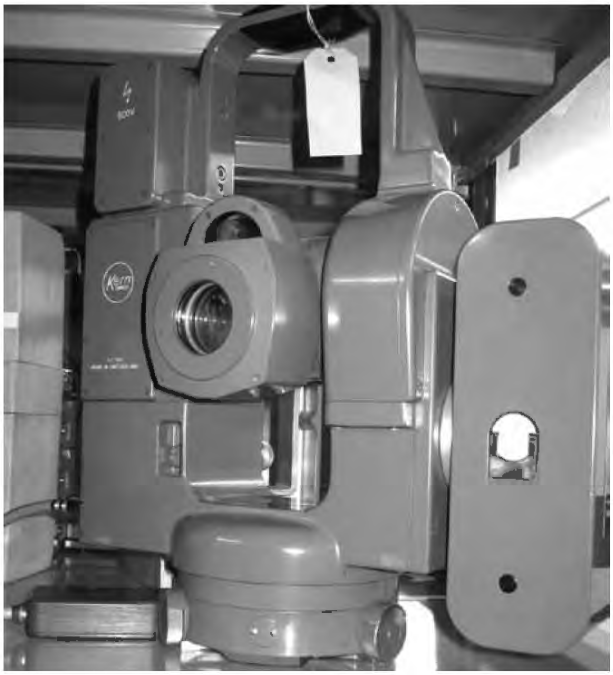
Obr. 11 Fotogrammetrický přístroj PG2 (Sammlung Kern, foto autoři)

2.3 Elektronické a digitální přístroje

Další vývoj fotogrammetrických přístrojů spadá už do 3. období, charakterizovaného elektronizací a digitalizací, začínajícího okolo roku 1965. V té době byla u některých přístrojů – např. u tachymetru s dvojobrazovým dálkoměrem – zaváděna fotografická registrace dat (**obr. 12**). V roce 1980 představil Kern v Hamburku analytický vyhodnocovací přístroj DSR 1 s plotrem GP 1,[29] později model DSR 11. Do kongresu ISPRS v japonském Kjótó, konaném v roce 1988, následovaly DSR 12 (MS-DOS), DSR 14 (Unix) a jako vrchol analytických přístrojů DSR 15 (VAX pod VMS). Na tomto kongresu byl představen prototyp špičkového vyhodnocovacího přístroje DSP1 (Digitalen Stereo Photogrammetriesystem), jehož vývoj byl dokončen a uveden na trh již pod označením Leica.[30]

V roce 1971 byl představen samostatný elektrooptický dálkoměr DM 1000, vzhledově připomínající dálkoměry Mekometer. Zdrojem infračerveného záření byla GaAs dioda, dosah byl zhruba 3 km, rozsah vnějších teplot –20º/+50º C, přesnost pod 4 mm + 4 ppm, rozměry 20 × 16 × 16 cm, hmotnost s bateriemi 12 kg. Nástupcem se stal DM 2000.

Dálkoměr DM 102, uvedený na trh roku 1973, a pozdější DM 104, byl pomocí adapteru nasazovací na klopnou osu dalekohledu klasických teodolitů DK-RT, DK-RV, K1-RA nebo na většinu přístrojů jiných výrobců; displej z tekutých



Obr. 12 Fotografická registrace dat (Sammlung Kern, foto autoři)

[29] Tato souprava je ve zmíněné sbírce Kern Městského muzea v Aarau.
[30] Studiensammlung Kern Aarau. Dostupný online <https://www.kern-aarau.ch/kern/rundgang/photogrammetrie.html> [cit. 2019-06-06].

Obr. 13 Světelný dálkoměr DM 502 (FSv ČVUT – K 154, foto autoři)

Obr. 14 Hranol s přídavným čidlem (FSv ČVUT – K 154, foto autoři)

krystalů, dosah 1 km při použití 1 hranolu, více než 1,7 km při použití hnízda s 3 hranoly, přesnost (5 mm + 5 ppm); model DM 150 měl vestavěný senzor pohybu.

Světelné dálkoměry řady DM 500 až DM 504, uvedené na trh v polovině 70. let, byly v té době nejmenšími (hmotnost 1,8 kg) a patřily k nejpřesnějším. Měly tvar U, z okulárové strany se nasouvaly na dalekohledy elektronických teodolitů Kern (**obr. 13**), ale (po úpravě v servisu) i na dalekohledy teodolitů DKM 2-A a K1-S. Zdrojem infračerveného záření (875 nm) vysílače byla galium-arsenidová fluorescenční dioda (LED), v přijímači byla osazena siliciová fotodioda. Dosah 300 m při použití 1 hranolu, asi 500 m při použití hnízda s 3 hranoly, doba měření cca 15 s. K těmto přístrojům byla nabízena řada příslušenství, např. adapter pro třínožky Zeiss Jena (0,6 kg). Na nohu stativu byly závěsné 12 V baterie 2,5 A (3,1 kg) nebo plochá 1,2 A s tabulkou atmosférických korekcí (2,6 kg), hranol v plastovém pouzdře s nasazovacím plastovým krytem proti dešti (1,0 kg), který mohl být umístěn na stativu nebo hranolové výtyčce. K hranolu bylo možno připojit stejně velké čidlo (0,5 kg), které na displeji na zadní stěně volitelně ukazovalo (např. při vytyčování) okamžitou vodorovnou či šikmou délku nebo převýšení (**obr. 14**). Pro práce inženýrské geodézie byl určen kovový přesný minihranol s dosahem asi 300 m a s nutností hranolového adapteru na objektivu teodolitu E2.

Světově nejpřesnější byly 3 modely dálkoměrů Mekometer. Byly vyvinuty ve spolupráci s firmou Com-Rad Ltd., Slough/London, na základě výzkumu britské National Physical Laboratory v Teddingtonu.[31] V roce 1973 to byl ME 1000, následoval oblíbený ME 3000 (**obr. 15**)[32] a v roce 1986 přístroj 2. generace ME 5000.[33] K základním parametrům ME 5000 patří dosah 20–8 000 m, zdrojem záření je He-Ne laser (třída II, výkon 1 mW, vlnová délka 632,8 nm), displej se zobrazením v řádu 100 μm.[34] Krátký přehled je v **tab. 4** (poznámka: ppm znamená 1 miliontinu měřené délky, údaj v mm).

Tab. 4 Světelné dálkoměry

Typ	DM 1000	DM 102	DM 500	ME 5000
Zdroj	GaAs	GaAs	GaAs	HeNe
Umístění	stativ	adaptér dal.	dalekohled	stativ
Dosah (km)	3	1/1,7	0,3/0,5	8
Přesnost mm + ppm (mm)	< (4 + 4)	5 + 5	5+5	0,2+0,2

Firma Kern však také vyráběla ve spolupráci se známou vysokou školou ETH Curych mechanický přístroj Distometer ISETH. Sloužil pro přesná měření délkových změn do 100 mm pro délky 1 m až 50 m se speciálně stabilizovanými koncovými body. Jeho základem je invarový drát, do 20 m délky je přesnost 0,02 mm, pro větší délky 1 ppm. Dvojice ručičkových měřičů ukazovala délkové změny a změny v tahu

[31] Stalo se tak v rámci výzkumu rychlosti šíření světla, jehož vedoucími byli K. D. Froome a R. Bradsell.

[32] Dva přístroje ME 3000 používala Geodézie n. p. Praha pro práce ve vytyčovacích sítích při výstavbě pražského metra, spolu s maďarskými gyroteodolity MOM GiB 2. Jeden dálkoměr tohoto typu byl provozován též u n. p. Vodohospodářský rozvoj a výstavba Praha.

[33] Pro drahou výrobu, omezená použití a rostoucí přesnost běžných typů dálkoměrů následoval po roce 1980 útlum produkce.

[34] *Proceedings of the Workshop on The Use and Calibration of the Kern ME5000 Mekometer. Stanford Linear Accelerator Center, Stanford University, Stanford, California 1992.* Dostupný online: <http://slac.stanford.edu/pubs/slacreports/reports03/slac-r-403.pdf.> [cit. 2019-04-30]. *Can the Kern-ME5000 Mekometer Replace Invar Measurements?* Dostupný online: <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc877624/m1/2/> [cit. 2019-04-30].

Obr. 15 Dálkoměr ME 3000 (Sammlung Kern, foto autoři)

Obr. 16 Elektronických teodolit E2 s dálkoměrem DM 503 a předsádkou pro průmyslový hranol (FSv ČVUT – K 154, foto autoři)

(napětí drátu). Typickým použitím bylo měření posunů stavebních částí (přehrad, tunelů atd.).[35]

V praxi oblíbená byla tzv. E – série elektronických teodolitů s inkrementálním dělením kruhů. Po E1 byl po roce 1977 základem řady vteřinový E2 (**obr. 16**). Z tohoto typu byly odvozeny varianty se servopohonem: E2-SD byl nosičem mobilního družicového laserového měřicího systému FLRT, E2-SE (r. 1985) s obslužným panelem E2-SP byl vybaven integrovanou CCD kamerou a určen pro systém průmyslových měření SPACE, E2-ST(L) s kontrolní jednotkou E2-STC byl určen pro sledování a řízení stavebních strojů při výstavbě tunelů (s laserem), teodolit E20 byl speciální verzí pro průmyslová měření. K těmto přístrojům se používaly dálkoměry řady DM500. Výpočty byly prováděny programovatelným kalkulátorem HP 41 s interface DIF 41, data mohla být ukládána registrátorem R48 (48 kB). Jako příslušenství byl nabízen Kern Laser (He–Ne, 2,85 kg) s vnější 12 V baterií, který se upevňoval na nohu stativu. Poslední konstrukcí byla totální stanice E10, vyvíjená od roku 1985, dokončená jako prototyp v srpnu 1988[36] (**obr. 17**).

Teodolity řady E byly vybaveny konstrukčně pozoruhodným dvouosým kapalinovým kompenzátorem bez mechanických dílů s citlivostí 0,003 mgon. Jeho vývoj začal už v roce 1960 pro kompenzaci svislého kruhu teodolitů DK.

Obr. 17 Prototyp totální stanice E10 (Sammlung Kern, foto autoři)

[35] Distometer ISETH byl (pravděpodobně) používán při první rekonstrukci Karlova mostu v Praze, která probíhala v letech 1965–1978.
[36] Jejím vedoucím konstruktérem byl Reinhard Gottwald. K opláštění přístroje byly použity plasty.

Obr. 18 3D laserový interferometr SMART 310 [2]

Z něj byl vyvinut rozměrově malý elektronický systém pro určování sklonu (rovinatosti) ve 2 směrech Nivel 10, resp. Nivel 20 (90 × 90 × 63 mm, 0,83 kg, 12 V, přesnost 0,001 mm/m),[37] určený pro strojírenství a dlouhodobá sledování objektů.

Je třeba též zmínit systémy průmyslových měření ECDS (Electronic Coordinate Determination System), založené na prostorovém protínání vpřed.[38] Varianta ECDS 1 z roku 1980 byla vyvinuta americkou pobočkou Kern a pracovala s vlastním software RT11, v Aarau byla na základě příznivé odezvy představena 1983. ECDS 2 spolupracovala s počítači pod MS-DOS, ECDS 3 s MS-Windows. V systému mohlo být zapojeno až 8 teodolitů řady E. Roku 1985 byla pro koncern General Motors, Detroit, pracovišti v Aarau a v Brewsteru vyvíjena automatizovaná verze ECDS2 – SPACE (System for Positioning and Automated Coordinate Evaluation) s motorizovanými teodolity E2-SE s CCD kamerou a s potřebným software. Systém byl dokončen roku 1987.

Systémy průmyslových měření se v praxi nejvýznamnějších světových strojírenských výrobců rychle prosadily

[37] Dalším vývojem vznikly přesné senzory Leica Nivel 210/220/230 pro současné určení sklonu, směru sklonu a teploty. Přístroje byly v nabídce ještě v roce 2020.

[38] K prvním na trhu patří systémy amerických firem Hewlett-Packard hp3822A z roku 1980, určený pro výrobce letadel Boeing Aircraft, a AIMS firmy Keuffel & Esser. Známé jsou též systémy dalších výrobců, např. Leica Axyz, Zeiss IMS, Brunson BETS.

a staly se součástí firemní metrologie. Proto byly hledány i další možné systémy, vycházející z geodetických postupů. Jedním z posledních vývojových programů byl první mobilní 3D laserový interferometr SMART 310, pracující na principu 3D polární metody, umožňující měření pohybujících se objektů (**obr. 18**). Vznikl na podkladě patentu. Základem je laserový interferometr s vlnovou délkou 633 nm a přesná úhlová čidla. Rozsah měření s hranolem nebo fólií je 235º v horizontální rovině a ±45º ve vertikální rovině. Leica Geosystems (od roku 2005 součást Hexagon – Metrology) ho po převzetí firmy Kern dále vyvíjela a úspěšně prodávala pod označením LT500/LTD500. Pro cíle pohybující se rychlostí max. 4,0 m/s ve směru paprsku a 6,0 m/s v příčném směru, je polohová přesnost 20–40 µm při dosahu 30 m, pro nepohybující se cíle 10 µm.[39]

3 ZÁVĚR

Dík autorů patří všem, kteří přispěli radou a pomocí, zejména paní Kaba Rössler, vedoucí Stadtmuseum Aarau, a pánům Aldo Lardelli a Karl-Heinz Münchovi z Arbeitsgruppe Kern Aarau.

Tento text vznikl v rámci grantového projektu Ministerstva kultury ČR NAKI II, č. DG18P02OVV054 Zeměměřické a astronomické přístroje používané na území ČR od 16. do konce 20. století.[40]

LITERATURA

[1] VOGEL, Paul. *Das Lebenswerk Jakob Kerns: 160 Jahre Kern Aarau*. Aarauer Neujahrsblätter 1980. Dostupný online: <http://doi.org/10.5169/seals-558866>. [cit. 2019-04-30].

[2] HAAS, Franz. *Kern-Geschichten*. Vydavatel Heinz AESCHLIMANN. Aarau 2002. ISBN 978-3-033-03692-5, 132 s.

[3] Studiensammlung Kern Aarau, Wilkommen. Dostupný online: <https://www.kern-aarau.ch/kern/rundgang/.html> [cit. 2019-06-06].

[4] Studiensammlung Kern Aarau, Welcome. Dostupný online: <https://www.kern-arau.ch/kern/willkommen/welcome.html> [cit. 2019-04-30].

[5] PROCHÁZKA, Emanuel. *Vývoj geodetického ústavu pražské techniky*. Praha, ČVUT 1975.

[6] MÜLLER, František – NOVOTNÝ, František. *Geodésie nižší*. Díl I, II, III. 3. vydání. Praha, ČMT 1913.

[7] FARKAŠOVSKÝ, Jozef – KUKUČA, Ján – BUKOVINSKÝ, Elemír. *Geo-Topo*. Bratislava, SVTL 1963.

[8] ROSENMUND, Max. *Spezial-Berichte* über *den Bau des Simplontunnels. Erster Teil: Die Bestimmung der Richtung, der Länge und der Höhenverhältnisse*. Bern, Hallersche Buchdruckerei 1901.

[39] Pro tento typ je úhlová přesnost 0,14″, délková 1,26 µm, pracovní rozsah 5º až 40º C, hmotnost 31,5 kg, rozměry 220 × 280 × 855 mm, rozměry kontroléru 455 × 350 × 200 mm, hmotnost 10,5 kg.

[40] Kratší verzí je článek HÁNEK, P. – HÁNEK, P. jr. Dvousté výročí založení firmy Kern a její přínos. *GaKO* , 65/107, 2019, č. 10, s. 239–246.