

Dvousté výročí založení firmy Kern a její přínos

doc. Ing. Pavel Hánek, CSc.,
Fakulta stavební ČVUT v Praze, VÚGTK, v. v. i.,
Ing. Pavel Hánek, Ph.D.,
VÚGTK, v. v. i.,
Zemědělská fakulta JU v Českých Budějovicích

Abstrakt

Text uvádí základní data o existenci a produkci firmy Kern, která významnou měrou ovlivnila světový vývoj zeměměřicích přístrojů a praxe v oboru.

Kern's 200th Anniversary and its Benefit

Abstract

The article presents basic data on the existence and production of Kern Company. Kern has significantly influenced the worldwide development of surveying equipment and industry practice.

Keywords: surveying instruments, Kern Aarau, history of geodesy, optics and precision mechanics

1. Historie firmy

Jakob Kern (1790–1867) byl jako sirotek vychován v rodině podnikatele a filantropa Johanna Rudolfa Meyera v Aarau, hlavním městě švýcarského kantonu Argau. Po absolvování kvalitního základního vzdělání se vyučil v dílně na rýsovala 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 Schenkových, kteří vyráběli velké matematické a mechanické přístroje. Po návratu do Aarau založil roku 1819 podnik, který téměř dvě století nesl jeho jméno. Začínal také výrobou rýsovaladel, která v programu firmy – i když ve značně pozměněné podobě – vydržela téměř po celou dobu její existence. Záhy se přidala výroba různých fyzikálních přístrojů, včetně školních pomůcek. Roku 1828 získal zakázky na výrobu dvou osmipalcových teodolitů; druhý z nich, určený pro triangulaci kantonu Waadt, měl přesnost 10". Dodával i přístroje pro první švýcarské topografické mapování 1 : 100 000, iniciované gen. Guillaume Henri Dufourem (1787–1875), od roku 1835 vedené Topografickým ústavem (Eidgenössische Topographische Bureau, dnes Bundesamt für Landestopographie Swisstopo). Mezi nimi byl též Bordův kruh o průměru 275 mm se setinným dělením, čtením 4 verniery s přesností 20^{cc} pomocí 2 lup, z nichž každá byla nastavitelná nad 2 odečítací místa. Tyto zakázky rozhodly o dalším vývojovém a výrobním zaměření firmy [1]. Tzv. Dufourkarte byla publikována v letech 1845–1865.

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 zakladatele¹⁾. Během doby se firma úspěšně rozrůstala, stala

se světoznámou, konstruovala a vyráběla řadu optických přístrojů, zařízení a pomůcek pro civilní i vojenské použití. Mezi nimi byly geodetické přístroje a pomůcky (heliotropy, vytyčovací hranoly), zaměřovací přístroje, dalekohledy, ve 20. letech 20. století fotoaparáty. Od roku 1924 krátce spolupracovala s optickou firmou Ernst Leitz ve Wetzlaru.

Již roku 1817 založil v Aarau firmu na rýsovala, která později vyráběla též barometry, přesné váhy atd., další Esserův vyučenec Friedrich Gysi (1796–1861). Po roce 1919 se firma Kern podílela na chodu nástupnické firmy Glans, Lenzinger & Cie., a roku 1939 ji odkoupila; získala tak ve Švýcarsku monopolní postavení v oboru výroby rýsovaladel.

Vynikající konstruktér Heinrich Wild (1877–1951) odešel roku 1921 z geodetického oddělení závodů Zeiss v Jeně, zřízeného roku 1909, a založil ve švýcarském Heerbruggu obdobně zaměřený podnik nesoucí jeho jméno. Ten se záhy stal vážným konkurentem firmy Kern. Sám H. Wild přešel do firmy Kern roku 1935. Po 2. světové válce firma exportovala 70 % produkce, v roce 1949 měla 77 zahraničních zastoupení. V letech 1945 až 1963 závody Kern vyráběly objektivy pro filmový průmysl (např. Paillard Bolex) i pro kosmickou agenturu NASA, 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. Základem firemního znaku byl kurzívou psaný název Kern, doplněný údajem Aarau nebo Swiss (Suisse), ve 2. polovině 20. století obvykle v kruhu (**obr. 1**); teprve v posledních měsících existence byl název doplněn tyrkysovo-žlutými pruhy.

Roku 1958 byla firma reorganizována a výroba modernizována a racionalizována. Ukončení neziskové výroby geodetických přístrojů bylo zamítnuto, znovu bylo zřízeno fotogrammetrické oddělení. Přes úspěšné konstrukce a pověstnou kvalitu se podnik v 80. letech 20. století dostal 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, poslední rodinný zástupce ve firmě, získal v „důsledku dědických problémů

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



Obr. 1 Firemní logo (firemní materiál)

poněkud nepřehledným způsobem“ většinový balík akcií a prodal jej v „černý pátek“ 13. 5. 1988 konkurenční firmě Wild Heerbrugg²⁾, jejímž nástupcem se stala společnost Leica, dnešní součástí koncernu Hexagon. Firma Kern pod názvem Leica Aarau zanikla roku 1991. Geodetické a fotogrammetrické přístroje představovaly výrazně nadpoloviční podíl její produkce.

Podnikový listinný archiv a téměř úplnou kolekci geodetického a fotogrammetrického instrumentária, včetně některých výrobních zařízení, např. přístrojů pro dělení kruhů, převzala sbírka Sammlung Kern. Sbírkou je prostorově oddělenou součástí architektonicky i tematicky zajímavého městského muzea (Stadtmuseum Aarau), přístupnou jen po dohodě. Byla doplněna dary domácích i zahraničních (zejména německých) institucí, škol a podnikatelů. Vizualní prohlídka sbírky umožňují internetové stránky [2]. V trvalé expozici muzea jsou umístěny některé z charakteristických výrobků firmy Kern, kdysi patřící mezi největší místní podniky; roku 1874 měl 18 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 DKM 3. Při muzeu velmi aktivně působí pracovní skupina příznivců a dřívějších zaměstnanců firmy (Arbeitsgruppe Kern), kteří jsou mnohdy též členy Společnosti pro dějiny geodézie ve Švýcarsku. Jejich zásluhou vznikl pamětní spis [3], 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 další informace (včetně placených) lze najít na internetu, např. [4]. Odtud jsou pod označením „firemní materiály“ převzaty některé fotografie.

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. Popisy konstrukcí jsou v různé míře podrobnosti popsány v běžně dostupných publikacích, např. [5], [6], resp. v dalších pramenech [7], [8].

2) 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, které koncem roku 2005 koupila švédská společnost Hexagon AB.

2.1 Mechanické přístroje

První období vrcholilo na přelomu 19. a 20. století, kdy firma Kern dodala vybavení pro zaměření vytyčovací sítě a vytyčovací práce pro výstavbu Simplonského tunelu 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.

První tubus přímého Simplonského tunelu o délce 19 803 m byl proražen 23. 2. 1905 s vynikající příčnou odchylkou 0,20 m, výškovou 0,09 m, a nevýznamnou podélnou odchylkou (vyvolanou zejména vlivem rozměru sítě) 0,56 m.

Sít s 11 body a 2 portálovými body s maximálním převýšením až 2,9 km navrhl a na podzim 1898 zaměřil Ing. Max Rosenmund (1857–1908) repetičním teodolitem Kern. Vodorovný kruh (Hz) o průměru 21 cm byl čten mikroskopem s přesností 4", svislý kruh (V) o průměru 16 cm vernierem s přesností 10". (Zvětšení dalekohledu obdobného přístroje bylo 34x. V dalším textu je zachováno pořadí kruhů Hz – V.) 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 vernieri na 10". Měření vodorovných úhlů na stanoviscích sítě bylo prováděno Schreiberovou metodou, z opakovaného měření byla zavedena oprava ze sklonu točné osy. Vnitřní přesnost měření je charakterizována střední chybou směru 1,12", po vyrovnání 0,91" [7]. K podrobnému vytýčení bodů osy tunelu sloužily 2 vytyčovací přístroje Kern; v podstatě to byly přesné teodolity bez dělených kruhů. První z nich měl zvětšení dalekohledu 40x, sázecí libelu o citlivosti 6" – 10" pro pařížskou čárku (2,256 mm), výšku 485 mm, hmotnost asi 25 kg a délku záměry až 2 km (obr. 2). Byl



Obr. 2 Velký vytyčovací přístroj (firemní materiál)

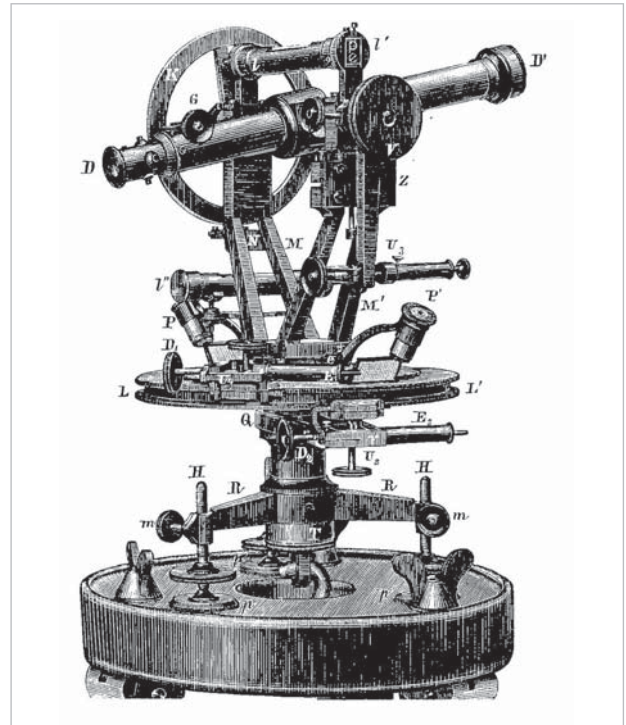
trvale postaven a orientován v síti na observační stanici u portálu a jeho pomocí byly vytyčovány body osy. Druhý přístroj s 30x zvětšením byl určen pro práce v tunelu, přímka (osa) se prodlužovala proložením dalekohledu. Oba přístroje byly vybaveny acetylénovým osvětlením, později nahrazeným bateriovým elektrickým.

Teorie nivelace – zejména pro měření v horách – a nivelační přístroje procházely v té době prudkým vývojem. O konkrétních přístrojích Kern & Cie. pro Simplonský tunel jsme nenalezli odkazy, pro měření však platilo v roce 1901 kritérium $3\sqrt{r}$ [mm; km]. Pro běžné práce byly určeny tzv. univerzální nivelační přístroje, připomínající teodolit (tachymetr). Měly citlivou libelu, segment svislého kruhu, repetiční uspořádání os, dalekohled obvykle nebyl překladný.

Výrobek firmy Kern se výrazně zapsal i do našich profesních dějin. Roku 1887 byla vydána Instrukce pro vyměřování polygonální, určená pro nová katastrální měření v městech. V monarchii byla poprvé použita v letech 1891 až 1893 asistentem (pozdějším profesorem) Geodetického ústavu pražské České vysoké školy technické Ing. Františkem Novotným. V zastoupení prof. Františka Müllera provedl měřické a výpočetní práce, spojené s vyhotovením tzv. regulačních plánů města Písku. Výsledky tohoto a několika dalších měření přesvědčily odbornou veřejnost o praktické použitelnosti nové číselné metody a posloužily jako podklad pro stanovení mezních odchylek pro revidované vydání Instrukce. Práce [8] uvádí, že k měření byl použit teodolit Kern č. 186, zakoupený roku 1876 (obr. 3). Vodorovný kruh byl čten dvojicí vernierů na $10''$, svislý kruh na $1'$. (Druhým používaným přístrojem byl jednoosý minutový teodolit Breithaupt.) Geodetický ústav vlastnil od téhož roku Kernův nivelační přístroj s průhledítky (dioptr) a repetiční tzv. univerzální nivelační přístroj. Přístroje roku 1917 převzala armáda jako sběr materiálu pro válečnou výrobu.

V konstrukci přístrojů Kern 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. Přístroje byly mosazné, obvykle s ochranným černým lakováním nosníků, později celkovým převážně zeleným nebo šedým lakováním. V roce 1910 byl zakoupen od firmy Gustav Heide 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 patřili Kanada, Rusko 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 základem jsou dva nad sebou umístěné dalekohledy, každý s vlastní klopnou osou, jejichž pomocí vzniká dálkoměrný úhel. O dva roky později byl nabízen 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-Stutt-



Obr. 3 Teodolit č. 186 (zdroj [5], I. díl, s. 527)

gart), vyrábějící libely pro geodetické přístroje. Firma Kern se tak zbavila závislosti na vnějších dodavatelích.

2.2 Optomechanické přístroje

Druhé období charakterizují přístroje se skleněnými dělenými kruhy³⁾. Z produkce Kern to byly stavební teodolit K0-S se čtením čárkovým mikroskopem, vteřinové K1-M a K1-A s mikrometrem a K1-AE se vzpřímeným obrazem, K1-MT v úpravě s odnímatelnou trojnožkou (podložkou), K1-S se stupnicovým mikroskopem v úpravách SE, ST. Koncem 30. let 20. století byly H. Wildem ve spolupráci s Rudolfem Hallerem konstruovány tzv. dvoukruhé teodolity (DK). Vnější čárková stupnice na obvodu kruhu sloužila v čtecím mikroskopu jako index nebo při použití optického mikrometru ke koincenci s vnitřní číselnou stupnicí. Konstrukce vykazovaly řadu dalších 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 též spadá i představení prototypu fotografometrického vyhodnocovacího přístroje stereodvojit pozemních snímků podle návrhu španělského plukovníka Ordovase v roce 1930 na kongresu v Curychu. (Řešení je obdobné konstrukci autostereografu rakouského npor. Eduarda von Orel, vyrobeného roku 1908 vídeňskou firmou Rost a v letech 1909 a 1911 upraveného pod názvem stereoautograf v závodech Zeiss.)

3) 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 4. pokus roku 1922 zásluhou Heinricha Wilda v závodech Zeiss.

Po 2. světové válce byly vyráběny úplné řady úhloměrných přístrojů se skleněnými kruhy. Z dvoukruhových přístrojů to byly minutové teodolity (tachymetry) DK 1, DKM 1 (M v označení přísluší čtení mikrometrem), buzolní DK 1S, vteřinové teodolity DKM 2 (obr. 4) a DKM 3 (prototyp 1955; přístroj byl zobrazen na jihoafrické poštovní známce, což svědčí o popularitě značky). Od roku 1960 byl vyvíjen a následně používán kapalinový kompenzátor svislého kruhu. Astronomický teodolit DKM 3-A s osou okuláru vyvedou pro snadné pozorování do klopné osy lomeného dalekohledu, patřil mezi nejpřesnější přístroje své třídy. Zejména typ DKM 2 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



Obr. 4 DKM 2, Zeměměřický úřad (foto Petr Mach)

s čidlem Laser Range Pole, T pro tachymetrii. K přístroji DKM 2-A (2-AE) byl nabízen mikrometr svislé točné osy s přesností až 1" (2-AEM), který svou funkcí nahrazoval sázecí libelu, tj. zvyšoval přesnost měření vodorovných směrů při strmých záměrech. Základní parametry jsou uvedeny v tab. 1 sestavené především na podkladě [6].

Početně byly v nabídce zastoupeny také redukční tachymetry s latí v cíli. Mezi ně patří DK-RT s dvojobrazovým dalkoměrem s vodorovnou latí s přesností délek až 0,02 m / 100 m a diagramový tachymetr DKR, jehož přesnost je obdobná jako u jiných výrobců, tedy 0,25 m až 0,30 m / 100 m v délce a 0,03 m až 0,10 m / 100 m v určeném převýšení. Konstrukční zvláštností je přístroj DK-RV, u nějž se vzdálenost dalkoměrných rysek pro čtení na svislé lati mechanicky mění v závislosti na sklonu záměry a převýšení se dopočítává pomocí funkce tangens, jejíž hodnoty se alternativně čtou na stupnici svislého kruhu. Přesnost měřených délek dosahuje hodnoty 0,04 m / 100 m. U přístroje K1-RA se výšky čtou přímo na lati po přepnutí prstencovým točítkem na jiný diagram. (V tab. 2 jsou tyto přístroje označeny „mechan.“ Přesnost čtení Hz kruhu je uváděna pro stupnicový mikroskop nebo pro dvě varianty čtení mikrometru.)

Vyráběna byla také tachymetrická buzola se zvětšením dalekohledu 24x, citlivostí libely 40", čtením stupnice buzoly (tzv. hodinového kruhu) s dělením 1'⁹ odhadem na 10° a čtením svislého kruhu čárkovým mikroskopem odhadem na 2°. Přístroj byl dodáván i se šedesátiným dělením. Kromě toho byla v nabídce invarová základňová lať IB (Invarbasislatte) délky 2 x 1 m s rameny spojenými kloubem, nasazovací dalkoměrný dvouobrazový klín Argerova typu, stativy, terče a další příslušenství a pomůcky.

Konstrukčně zajímavé bylo záměrné pravítko RK měřického stolu s konstantním sklonem okuláru asi 45°, pro měřiče velmi příjemným zejména při strmých záměrech. Dalekohled se zvětšením 27x je vybaven diagramovým dalkoměrem s určením převýšení běžné přesnosti, nejkratší záměra je 2,8 m. Svislý kruh o průměru 50 mm je dělen po 10' / 10°, čtení odhadem stupnicovým mikroskopem 1' / 1°, hmotnost 3,1 kg. Hrana pravítka byla rovnoběžně odsunutelná pomocí paralelogramu.

Po 2. světové válce samozřejmě firma Kern nabízela také úplnou řadu nivelačních přístrojů, vybavených ryskovým dalkoměrem. Kromě starších modelů (obr. 5) to byly

Tab. 1 Teodolity

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 v 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 v 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 v kg	11,2	3,6	3,6	1,8	1,8

Tab. 2 Tachymetry

Typ	DK-RT	DKR	DK-RV	K1-RA
druh	dvojobraz	diagram	mechan.	mechan.
Dalekohled				
zvětšení x	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 dalekohled	-	-	30	-
Hz kruh				
průměr v mm	75	75	80	95
čtení odhadem	0,1'/0,1 ^c	0,1'/0,5 ^c	1'/'1"	1'/'5"
V kruh				
průměr v mm	50	70	56	75
čtení odhadem	0,1'/0,1 ^c	0,1'/0,5 ^c	0,0001 tg	0,0001 tg
Hmotnost v kg	4,6	3,6	4,9	4,5



Obr. 5 NK III-M, Zeměměřický úřad (foto Petr Mach)

typy NK1, NK 2, NK 3, varianta NK 3A byla doplněna optickým mikrometrem. Některé z nich byly vybaveny vodorovným kruhem a označeny písmenem C – např. NK 2-C s odečítáním stupnicovým mikroskopem (mřížkou) na 10^c. Zkratkou GK byly značeny typy GK 0, GK 1, GK 2, které byly horizontovány výkyvnou hlavou stativu (Gelenkkopf). Typ GK 1 mohl být dovybaven mikrometrem s planparalelní deskou. U GK 0-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 23-C 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 32x.

Po roce 1961 byly do výrobního programu zařazeny kompenzátorové (samourovnávací) přístroje s doplněním typového označení písmenem A. Místo párových ustanovek je použita třetí spojka a nekonečná jemná ustanovka. K nim patří GK 0-A a dále typ GK 1-A, se zvětšením 25x, určený pro technickou nivelaci. Vodorovný kruh ve tvaru nízkého kovového prstence je čten indexem, pozorovaným lupou. Typ GK 2-A pro přesnou nivelaci mohl

být vybaven mikrometrem s planparalelní deskou. Posledním 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 [6] jsou uvedeny v tab. 3. (Poznámka: V řádcích 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 22,5x, schopnost zaostření od 0,8 m, citlivost libely 20", hmotnost 3,7 kg, relativní přesnost 1 : 50 000.

V roce 1950 firma Kern začínala s výrobou analogových fotogrammetrických přístrojů podle patentů H. Wilda pro snímky formátu až 23 cm x 23 cm. Přístroj (Photogrammetrisches Gerät) PG 0 zůstal jen prototypem, stejně jako PG 1. Světového úspěchu dosáhl PG 2 s připojeným kreslicím stolem (obr. 6), který byl (spolu s PG 1) prezentován na kongresu ISP v Londýně v roce 1960. Projekt si vyžádal pomoc firem specializovaných na elektroniku, zejména 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. Na vývoji se podílel fotogrammetr Henk Yerman. 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 testy PLP též na lékařských rentgenových snímcích např. zlomenin.) PG2 byl velmi úspěšný pro mapování v malých měřítkách, vyrobeno bylo asi 700 kusů. (Ze švýcarských výrobců větší série 1035 kusů dosáhl jen přístroj Wild A8.) 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,

Tab. 3 Niveláčnické přístroje

Typ	NK 3M	NK 2	GK 1	GK 23	GK 0-A	GK 2-A	Kernlevel
Citlivost l./2 mm	5–8	30	40–50	18	--	--	--
Přesnost kompenzace	--	--	--	--	3"	0,3"	1"
Zvětšení dalekohledu	30	24	22,5	30	21	32,5	25
Minimální zaostření v 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 v kg				2,1/1,5	1,9	4,2/3,5	1,6



Obr. 6 PG 2, Sammlung Kern (foto autoři)

určený pro tvorbu map velkého měřítka. V 80. letech byl nabízen monokomparátor MK 2 (zvětšení až 60x, střední chyba 1 μm), kreslicí stoly AT (860 mm x 1 360 mm) a GP, ortoprojektor OP 2, přístroj pro označení bodů pro aeriogramy PMG 1, resp. PMG 2 (zvětšení 5x až 25x).

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 již byla u některých přístrojů – např. u tzv. registračního tachymetru – zaváděna fotografická registrace dat (obr. 7). V roce 1980 představil Kern v Hamburku analytický vyhodnocovací přístroj DSR 1 s plotrem GP 1, později model DSR 11. Do kongresu ISPRS v japonském Kyoto, konaném v roce 1988, následovaly DSR 12 (se software MS-DOS), DSR 14 (Unix) a jako vrchol analytických přístrojů DSR 15 (VAX pod VMS). Na tomto kongresu byl představen prototyp špičkového vyhodnocovacího přístroje DSP 1 (Digitalen Stereo Photogrammetriesystem), jehož vývoj byl dokončen a uveden na trh již pod označením Leica [3].

V roce 1971 byl představen samostatný, poměrně rozměrný, elektrooptický dálkoměr DM 1000. Zdrojem infračerveného záření byla GaAs dioda, dosah byl zhruba 3 km, rozsah vnějších teplot -20 °/+50 °C, přesnost pod 4 mm + 4 ppm, rozměry 20 x 16 x 16 cm, hmotnost s bateriemi 12 kg. Nástupcem se stal DM 2000. (Poznámka: ppm znamená 1 miliontinu měřené délky, údaj v mm.)

Dálkoměr DM 102, uvedený na trh roku 1973, a pozdější DM 104, byl pomocí adaptéru nasazovací na klopnou osu dalekohledu klasických teodolitů a tachymetrů DK-RT, DK-RV, K1-RA nebo na většinu přístrojů jiných vý-



Obr. 7 Registrační tachymetr, Sammlung Kern (foto autoři)

robů; displej z tekutých 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, 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 fotodiody. 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 trojnožky Zeiss Jena (0,6 kg). Na nohu stativu byly závěsné 12V baterie 2,5 A (3,1 kg) nebo plochá 1,2 A s tabulkou atmosférických korekcí (2,6 kg). Odrazný hranol v plastovém pouzdře s nasazovacím plastovým krytem proti dešti (1,0 kg) 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 délkou nebo převýšení. Pro práce inženýrské geodézie byl určen kovový přesný minihranol s dosahem asi 300 m a s nutností hranolového adapteru (předsádky) na objektivu teodolitu E2 (obr. 8).

Světově nejpresnější byly 3 modely dálkoměrů Mekometer. Byly vyvinuty ve spolupráci s firmou Com-Rad Ltd., Slough/London, na základě výzkumu rychlosti šíření světla v britské National Physical Laboratory v Teddingtonu. (Vedoucími výzkumu byli K. D. Froome a R. Bradsell.) V roce 1973 to byl ME 1000, následoval oblíbený ME 3000 a v roce 1986 přístroj 2. generace ME 5000. K základním parametrům ME 5000 patří dosah 20–8 000 m, zdrojem záření je HeNe laser (třída II, výkon 1 mW, vlnová délka 632,8 nm), displej se zobrazováním v řádu 100 µm. Pro drahou výrobu, omezená použití a rostoucí přesnost běžných typů dálkoměrů následoval po roce 1980 útlum produkce. Krátký přehled je v tab. 4.

Firma Kern však také vyráběla ve spolupráci se známou vysokou školou ETH Curych mechanický přístroj Distometer ISETH, jehož základem je invarový drát. Sloužil pro přesná měření délkových změn do 100 mm pro délky 1 m až 50 m se speciálně stabilizovanými koncovými body. Do 20 m délky je přesnost 0,02 mm, pro větší délky 1 ppm. Dvojice ručičkových měřičů ukazovala délkové změny a změny v tahu (napětí drátu). Typickým použitím bylo měření vzájemných posunů stavebních částí (přehrad, tunelů atd.).



Obr. 8 E2 s DM503A předsádkou pro průmyslový hranol, FSv ČVUT – K 1154 (foto autoři)

V praxi oblíbená byla tzv. E – série elektronických teodolitů s inkrementálním dělením kruhů. Po E1 byl po roce 1977 základem řady vteřinový E 2. Z tohoto typu byly odvozeny varianty se servopohonem: E 2-SD byla nosičem mobilního družicového laserového měřicího systému FLRT, E 2-SE (r. 1985) s obslužným panelem E 2-SP byla vybavena integrovanou CCD kamerou a určena pro systém průmyslových měření SPACE, E 2-ST(L) s kontrolní jednotkou E 2-STC byl určen pro sledování a řízení stavebních strojů při výstavbě tunelů (s laserem), E 20 byla speciální verze pro průmyslová měření. K těmto přístrojům se používaly dálkoměry řady DM 500. Výpočty byly prováděny programovatelným kalkulátorem HP 41 s interface DIF 41, data mohla být ukládána registrátorem R 48 (48 kB). Jako příslušenství byl vyráběn Kern Laser (He-Ne, 2,85 kg) s vnější 12V baterií, který se upevňoval na nohu stativu. Poslední konstrukcí byla totální stanice E10, vyvíjená od roku 1985, dokončená jako prototyp v srpnu 1988. Jejím vedoucím konstruktérem byl Reinhard Gottwald. Nosná konstrukce přístroje byla opláštěna plasty.

Teodolity řady E byly vybaveny konstrukčně zajímavým dvouosým kapalinovým kompenzátorem bez mechanických dílů s citlivostí 0,003 mgon. Jeho vývoj začal už v roce 1960 pro kompenzaci svislého kruhu teodolitů DK. Z něj byl vyvinut rozměrově malý elektronický systém pro určování sklonu (rovinatosti) ve 2 směrech Nivel 10, resp. Nivel 20 (90 x 90 x 63 mm, 0,83 kg, 12 V, přesnost 0,001 mm/m)⁴⁾, určený pro strojírenství a dlouhodobá sledování objektů.

Je třeba též zmínit systémy průmyslových měření ECDS (Electronic Coordinate Determination System), založené na prostorovém protínání vpřed⁵⁾. 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. Od roku 1985 byla pro koncern General Motors pracovišti v Aarau a v Brewsteru vyvíjena automatizovaná verze ECDS 2 – SPACE (System for Positioning and Automated Coordinate Evaluation) s motorizovanými teodolity E 2-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 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 prostorové polární metody, umožňující mě-

4) Dalším vývojem vznikly přesné senzory Leica Nivel 210/220/230 pro současné určení sklonu, směru sklonu a teploty.

5) 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.

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



Obr. 9 SMART 310 (firemní materiál)

ření pohybujících se objektů (obr. 9). Vznikl na podkladě US patentu. Základem je laserový interferometr s vlnovou délkou 633 nm a přesná úhlová čidla. Rozsah měření s hranolem nebo fólií je 235° v horizontální rovině a $\pm 45^\circ$ 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 pa-

prsku a 6,0 m/s v příčném směru, je polohová přesnost 20–40 μm při dosahu 30 m, pro nepohybující se cíle 10 μm . Pro tento typ je úhlová přesnost 0,14", délková 1,26 μm , pracovní rozsah teplot +5 ° až + 40 °C, hmotnost 31,5 kg, rozměry 220 x 280 x 855 mm, rozměry kontroléru 455 x x 350 x 200 mm s hmotností 10,5 kg. Za nástupce lze dnes označit Leica Absolute Tracker AT 930.

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.

LITERATURA:

- [1] VOGEL, P.: *Das Lebenswerk Jakob Kerns: 160 Jahre Kern Aarau*. Aarau Neujahrsblätter 1980. <http://doi.org/10.5169/seals-558866>. [2019-04-30].
- [2] Internetové stránky Kern & Co. AG Aarau - přehled. [online]. Dostupné na: <http://www.kern-aarau.ch/kern/rundgang/ueberblick.html>. [2019-06-06].
- [3] HAAS, F.: *Kern-Geschichten*. Vydavatel Heinz AESCHLIMANN. Aarau 2002, 132 s. ISBN 978-3-033-03692-5.
- [4] Internetové stránky Kern & Co. AG Aarau - úvod. [online]. Dostupné na: <http://www.kern-aarau.ch/kern/willkommen/welcome.html>. [2019-04-30].
- [5] MÜLLER, F.-NOVOTNÝ, F.: *Geodésie nižší*. Díl I, II, III. 3. vydání. Praha, ČMT 1913.
- [6] FARKAŠOVSKÝ, J.-KUKUČA, J.-BUKOVINSKÝ, E.: *Geo-Topo*. Bratislava, SVTL 1963.
- [7] ROSEN MUND, M.: *Spezial-Berichte über den Bau des Simplontunnels. Erster Teil: Die Bestimmung der Richtung, der Länge und der Höhenverhältnisse*. Bern, Hallersche Buchdruckerei 1901.
- [8] PROCHÁZKA, E.: *Vývoj geodetického ústavu pražské techniky*. Praha, ČVUT 1975.

Do redakce došlo: 22. 7. 2019

Lektoroval:
RNDr. Tomáš Grim, Ph.D.,
Zeměměřický úřad