

# OD MANUFAKT

Współczesne instrumenty geodezyjne to połączenie optyki, mechaniki i elektroniki zapakowane w nowoczesne wzornictwo. To precyzyjne i efektowne produkty z taśmy. Ich protoplastami były instrumenty wytworzone rękami rzemieślników i artystów. W ciągu pięćset lat rozwoju przeszły one ciekawą drogę.

Instrumenty do pomiarów astronomicznych znane były już od starożytnej Grecji. Gdy upadło Cesarstwo Rzymskie, a centrum światowej nauki przeniosło się na Wschód, tam właśnie powstawały obserwatoria astronomiczne i rozwijały się nauki ścisłe. W wiekach średnich stosowano m.in.: astrolabium, kwadrant, sekstant, sferę armillarną, laskę Jakuba.

Początki astrolabium sięgają II wieku p.n.e. (niektóre źródła mówią nawet o VI w. p.n.e.), instrument służył do mierzenia położenia ciał niebieskich nad horyzontem, wyznaczania wschodu i zachodu Słońca. Przywędrował do Europy z Azji (XIV w.) i był stosowany do początku XVIII wieku. Unowocześnioną wersją astrolabium był kwadrant. Zbudowany z drewna lub mosiądzu, w kształcie 1/4 wycinka koła z naniesionym podziałem, znany był już w XIV w. Kwadrant znalazł zastosowanie nie tylko w astronomii, ale i w nawigacji, geodezji oraz... artylerii.

Wynalezienie laski Jakuba przypisuje się Levi ben Gersonowi (1288-1344), żyjącemu we Francji średniowiecznemu matematykowi żydowskiego pochodzenia, autorowi „Księgi liczb”, w której opisał m.in. obliczanie pierwiastków. Według niektórych źródeł przyrząd ten znany był już za czasów fenic-

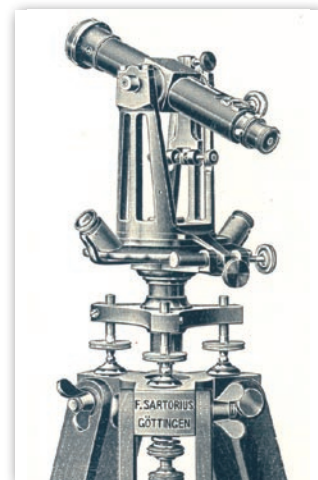
kich. Laska miała ponad metr długości, składała się z dwóch drewnianych listew o różnej długości z podziałem na jednej z nich; przesuwanie krótszej listwy wzdłuż dłuższej i wycelowanie na odpowiednie obiekty umożliwiało odczytanie kąta pomiędzy tymi obiektami.

Historia rozwoju precyzyjnych instrumentów pokazuje bliskie związki geodezji z astronomią. Potwierdzają to zachowane w archiwach i muzeach stare ryciny i życiorysy sławnych ludzi. W średniowieczu instrumenty służyły jednak głównie do badań naukowych, a korzystali z nich nadwornicy astronomowie należący do nielicznej wtedy grupy ludzi wykształconych. W okresie renesansu, a potem oświecenia – czasach wielkich odkryć geograficznych i rozwoju nauki – przyrządy astronomiczne znalazły zastosowanie także w pomiarach geodezyjnych i nawigacji, zaczęto konstruować urządzenia przeznaczone wyłącznie dla miernictwa.

W XV wieku wyrobem instrumentów zajmowały się warsztaty w Norymberdze, Augsburgu i Louvain oraz kilku innych ośrodkach w Europie. W Norymberdze swoje pracownie mieli Johannes Müller (1436-1576), astronom i matematyk oraz Johannes

Werner (1468-1522), astronom. W pierwszej połowie XVI wieku znana była wytwórnia Georga Hartmana (1489-1564), matematyka i mechanika niemieckiego zajmującego się produkcją globusów, astrolabów, zegarów słonecznych. Innymi wytwórcami z tamtego okresu byli m.in. Peter Apian (1495-1552) z Ingolstadt, Gemma Frisus (1508-1555) oraz Regnerus i Gualterus Arsenius z Louvain w Niderlandach. W warsztatach produkowano głównie zegary słoneczne, kompas, kwadranty, astrolabia i globusy.

Wzmianki o pierwszych teodolitych prowadzą nas do XVI-wiecznej Anglii. W „Pantometrii”, traktacie na temat geometrii praktycznej Leonarda Diggesa (1520-1559) wydanym w 1571 r. przez jego syna Thomasa, pojawia się rysunek teodolitu, chociaż przyrządem tym można było mierzyć tylko kąty poziome. Jednocześnie pomiar kątów poziomych i pionowych miał umożliwiać opisany przez Diggesa „instrument topograficzny”, zwany także instrumentem uniwersalnym. Pierwszy znany egzemplarz takiego urządzenia pochodzi z 1574 r. Był to teodolit wykonany przez Humphreya Cole'a (ok. 1530-1591), najbardziej znanego w tym czasie angielskiego



skiego wytwórcę instrumentów naukowych. Jego kram mieścił się w pobliżu katedry St. Pauls w Londynie. Cole produkował nie tylko instrumenty nawigacyjne i pomiarowe, zajmował się również grawerowaniem map, był mechanikiem precyzyjnym w mennicy królewskiej. Koło poziome instrumentu Cole'a miało 20 cm średnicy, było wyskalowane (360°), a co dziesiąty stopień był opisany. Przyrząd posiadał dwie pary przezierników, kompas i alidadę, a funkcję koła pionowego spełniało półkoło. Nie miał oczywiście jeszcze lunety optycznej. Egzemplarz wyprodukowany w 1586 r. znajduje się w oksfordzkim Muzeum Historii Nauki.

Produkcję prowadzono wtedy w warsztatach i pracowniach, w których wyrobem instrumentów zajmowali się najczęściej sami uczeni lub rzemieślnicy, biegli w precyzyjnej obróbce (głównie mosiądzu). W XV wieku było ich niewiele. Prawdziwy rozwój rzemiosła i wysyp warsztatów „instrumentów matematycznych”, jak je często nazywano, nastąpił w następnych stuleciach. W zestawieniu obejmującym okres od XVI do XIX w. i przedstawiającym najbardziej znanych wy-

# URY DO GIEŁDY

twórców kompasów, astrolabów, kwadrantów, teodolitów itp. instrumentów znajduje się prawie tysiąc nazwisk.

W wieku XVII głównymi ośrodkami produkcji instrumentów stały się Niemcy, Włochy, a w szczególności Anglia. Liczne odkrycia naukowe dokonane przez tamtejszych uczonych niosły za sobą potrzebę produkowania precyzyjnej aparatury badawczej. W dziedzinie budowy instrumentów astronomicznych i geodezyjnych wystarczy wymienić znane nie tylko w Anglii postaci Geорга'a Grahama, Johna Hudleya czy Jonathana Sissona.

**R**ewolucją w rozwoju instrumentów było wynalezienie soczewki i skonstruowanie lunety. Sam pomysł miał kilku ojców i niesłusznie przypisuje się go Galileuszowi. Wiadomo, że w 1608 roku lunetę wykonał i opatentował niejaki Hans Lippershey (ok. 1570-1619) z Middelburga (Niderlandy), a równolegle pracowali nad swoimi rozwiązaniami jego rodacy: Jakob Metius i Hans Jansen. Gdy ponad sto lat później Anglik Jonathan Sisson (1690-1749) zamontował na kole pionowym lunetę, a w podstawie instrumentu libelę i dwa noniusze – idea budowy teodolitu znalazła swe rozwiązanie.

Późniejsze wynalazki – mimo iż miały duży wpływ na wykorzystanie tego typu instrumentów i jakość dokonywanych nimi pomiarów – były tylko ulepszeniem pomysłu Sissona i twórczym rozwinięciem idei Diggesa. Tymi znaczącymi krokami w XVIII i XIX wieku były m.in.: opatentowanie w 1758 roku achromatycznego układu soczewek przez Johna Dollonda (1706-1761), zbudowanie w 1773 roku przez Jesse Ramsdena (1737-1800) maszyny do

precyzyjnego nanoszenia skali na kołach podziałowych, zbudowanie w 1804 roku teodolitu repetycyjnego przez Geорга F. von Reichenbacha (1772-1826), skonstruowanie w 1850 r. przez Ignazio Porro (1801-1875) przyrządów umożliwiających odwrócenie obrazu w lunecie. Każdy z wymienionych zajął znaczące miejsce w historii instrumentów optycznych.

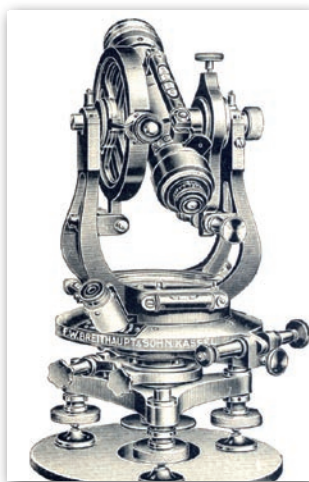
**O**czywiście warsztaty z końca XVII i XVIII wieku nie przypominały już tych sprzed stu czy dwustu lat. Usprawniono obróbkę szkła, pojawiły się pierwsze maszyny. Jakie były ówczesne pracownie? Zajmujące się produkcją dość dużych gabarytowo instrumentów Jesse Ramsden zatrudniał u siebie pod koniec XVIII wieku aż 60 pracowników. Zamówienia płynęły już nie tylko z tego czy innego dworu królewskiego lub książęcego, ale i coraz liczniejszych obserwatoriów astronomicznych, domów arystokratów i od nieznanego wcześniej klienta, jakim okazało się wojsko. Królewska marynarka potrzebowała sekstantów, artyleria – kwadrantów, topografowie wojskowi – przyrządów do prowadzenia pomiarów.

Znany XVIII-wieczny angielski producent George Adams prawie zmonopolizował dostawy dla brytyjskiej armii. W latach 1748-1772 dostarczył na jej potrzeby około 1500 różnego rodzaju przyrządów i instrumentów o wartości 2425 funtów. Dostawcami byli wtedy również Jesse Ramsden i Thomas Wright, chociaż na ich nazwiska wystawiono tylko 1/10 faktur. Ale to nie jedyna analogia do czasów nam współczesnych.

Należy sądzić, że produkcja instrumentów była od początku przedsięwzięciem bar-

dzo dochodowym. Dowodzi tego chociażby partner Petera Dollonda (syna Johna), niejaki Francis Watkins, który stwierdził, że zyski tego pierwszego sięgają 200%, co w skali roku daje mu 800 funtów. Warto zaś mieć na uwadze to, że w połowie XVIII wieku teleskop można było kupić mniej więcej za 7 funtów, a zarobek w wysokości 40 funtów rocznie był w Londynie uznawany za bardzo wysoki.

Z biegiem czasu rosła liczba warsztatów i zakładów wytwarzających i naprawiających precyzyjne instrumenty. Każdy z nich oferował własne rozwiązania. Stąd niepowtarzalne kształty i styl starych przyrządów oraz mnogość wytwórców. Na pierwszej Wystawie Światowej, która miała miejsce w Londynie w 1851 roku, zjawilo się aż stu producentów instru-

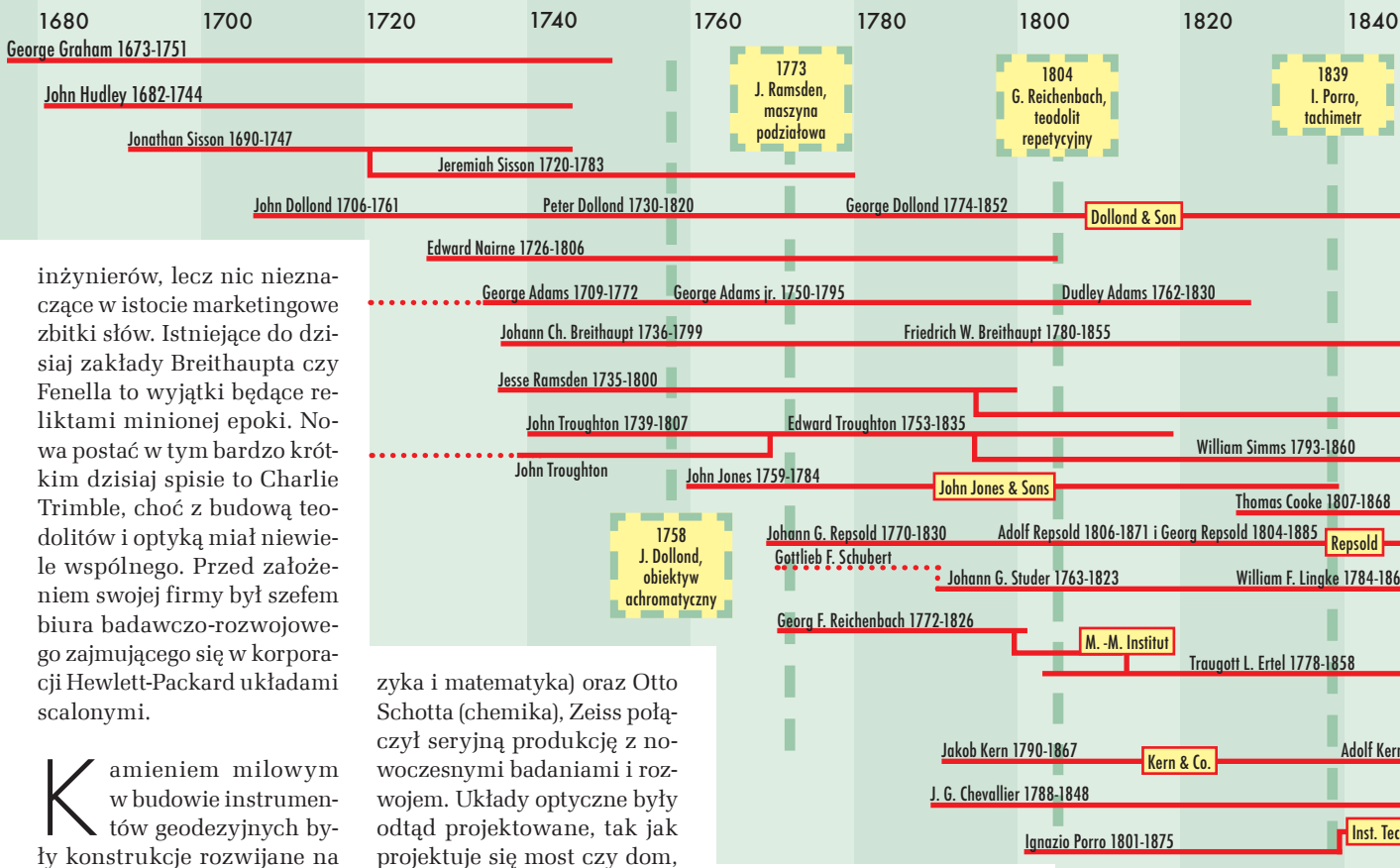


mentów precyzyjnych z całego świata (trzeba pamiętać, że mianem instrumentów określano wtedy także barometry, higroskopy, termometry i inne podobne urządzenia). Wystawa pokazała, że głównym ośrodkiem produkującym instrumenty geodezyjne stały się już Niemcy. Schemat przedstawiony na następnych stronach potwierdza ten fakt. Czołówka producentów miała wtedy

swoje siedziby w Berlinie, Jenie, Monachium czy Kassel.

**D**ruga połowa XIX wieku to okres schyłkowy niewielkich zakładów i konstruktorów-samotników oraz początek budowy dużych zakładów i fabryk. Narodził się przemysł, czego najlepszym przykładem są zakłady Carla Zeissa w Jenie czy Heinricha Wilda w Heerbruggu. Wytwarzanie na skalę masową mikroskopów, niwelatorów, teodolitów czy lornetek stało się możliwe dzięki unifikacji elementów konstrukcyjnych, zastosowaniu automatów w procesie produkcyjnym, zmniejszeniu gabarytów urządzeń. Stworzono specjalne biura projektowe, sięgnięto po specjalistów z innych dziedzin (od wytopu szkła po mechanikę precyzyjną), podjęto współpracę z naukowcami z ośrodków akademickich czy wreszcie stworzono odpowiednie systemy sprzedaży. Trudno dzisiaj określić, jaka była skala produkcji teodolitów, ale wiadomo, że w 1895 roku Zakłady Zeissa wyprodukowały na rynek cywilny i dla armii 1271 lornetek, pięć lat później prawie 10 tys., w 1914 – 66 tys., a w 1915 – 114 tys. (wojna).

**N**a przełomie XIX i XX wieku do europejskiej czołówki szybko dołączyły Stany Zjednoczone. Początek tamtejszemu przemysłowi dali emigranci ze starego kontynentu, głównie z Niemiec i Wysp Brytyjskich. Na światowej mapie wytwórców pojawiły się zatem nowe nazwiska: William F. Gurley, George L. Buff, Christian L. Berger. Jednak im bliżej naszych czasów, tym częściej produktów tych nie firmują już nazwiska wielkich konstruktorów czy wyjątkowo uzdolnionych



inżynierów, lecz nic niezna-  
czące w istocie marketingowe  
zbitki słów. Istniejące do dzi-  
siasz zakłady Breithaupta czy  
Fenella to wyjątki będące re-  
liktami minionej epoki. No-  
wa postać w tym bardzo krót-  
kim dzisiaj spisie to Charlie  
Trimble, choć z budową teo-  
dolitów i optyką miał niewie-  
le wspólnego. Przed założen-  
iem swojej firmy był szefem  
biura badawczo-rozwojowe-  
go zajmującego się w korporacji  
Hewlett-Packard układami

scalonymi.  
**K**amieniem milowym  
w budowie instrumen-  
tów geodezyjnych by-  
ły konstrukcje rozwijane na  
początku XX wieku przez  
zakłady Carla Zeissa w Jenie  
i Heinricha Wilda w szwajcar-  
skim Heerbruggu. Zeiss roz-  
począł w 1846 roku od pro-  
dukcji prostych mikroskopów.  
W pierwszym roku działał-  
ności sprzedał ich 23 egzem-

plarze. Rok później zatrud-  
nił pierwszego praktykanta  
i przeniósł warsztat do więk-  
szego lokalu. Sukcesem ryn-  
kowym okazał się mikroskop  
Stand I z obiektywem i okula-  
rem. W 1866 roku jego warsz-  
tat zatrudniał już 200 osób  
i miał na koncie wyprodu-  
kowanie 1000 mikroskopów.  
Przyjmując do siebie młodego  
naukowca Ernesta Abbe (fi-

zyka i matematyka) oraz Otto  
Schotta (chemika), Zeiss połą-  
czył seryjną produkcję z no-  
woczesnymi badaniami i roz-  
wojem. Układy optyczne były  
odtąd projektowane, tak jak  
projektuje się most czy dom,  
i pracowały nad tym całe ze-  
społy. Podobnie podchodzono  
do wyrobu szkła. Instrumenty  
ulepszano i stale rosła ich pro-  
dukcja. W 1896 roku w Jenie  
wyprodukowano 10-tysięczny  
mikroskop, a trzy lata później  
w fabryce pracowało ponad  
1000 osób.



W 1908 roku w za-  
kładach Zeissa  
zjawił się 30-latek  
nazwiskiem Heinrich Wild,  
który zaczynał w Szwajcarii  
jako praktykant geodeta. Wild  
skonstruował dalmierz  
dla wojska, a do jego produk-  
cji udało mu się przekonać  
Zeissa. Nic dziwnego, że ob-  
jął w Jenie funkcję naczelnego  
inżyniera i szefa działu instrumen-  
tów geodezyjnych,  
których produkcję wkrótce  
rozpoczęto. Pierwszym był  
niwelator typu Ib, w 1912 roku  
fabrykę opuściły pierwsze  
teodolity (repetycyjny Rth II)  
i tachimetry. Zakład znany był  
z nowatorskich konstrukcji.  
To tu wyprodukowano m.in.  
pierwszy mikroskop stereo,  
stereokomparator (do pomiaru  
ciał niebieskich), tachimetr  
wg konstrukcji Bossharda-Zeissa  
czy pierwszy autoredukcyjny  
dwuobrazowy dalmierz (Redta  
w 1923 r.).

**O**ile przed pierwszą  
wojną światową  
firma miała swe od-  
działy m.in. w Berlinie, Ham-  
burgu, Londynie i Wiedniu,  
to w okresie międzywojennym  
była obecna praktycznie już  
na całym świecie. W latach 30.  
instrumenty Zeissa można było  
kupić także w Warszawie, m.in.  
u generalnego przedstawiciela na  
Polskę firmie „Inż. Wł. Leśniew-  
ski” przy ul. Topolowej 2, jak  
i w Domu Techniczno-Handlo-  
wym „J. Segalowicz” przy ul.  
Moniuszki 2. Oferowano tam  
m.in. tachimetry redukcyjne,  
teodolity uniwersalne, instru-  
menty do opracowania zdjęć  
fotogrametrycznych, a także  
niwelatory o „specjalnie dale-  
kim zasięgu widzialności”.

Heinrich Wild po zakończe-  
niu I wojny światowej powró-  
cił do Szwajcarii, gdzie wraz  
z Robertem Helblingiem, wła-  
ścicielem biura geodezyjnego,  
oraz z przemysłowcem Jako-  
bem Schmidheiny’em założył  
w Heerbruggu w 1921 roku,  
firmę „Werkstätte für Feinme-  
chanik und Optik”, zajmującą  
się produkcją mikroskopów,  
instrumentów geodezyjnych  
i fotogrametrycznych. Jedny-  
mi z pierwszych konstrukcji  
zakładu znanego później pod

nazwą „Wild Heerbrugg” by-  
ły autograf A1 (1922) i teodo-  
lit T2 (1923), którego do końca  
1924 roku wyprodukowano  
27 sztuk, a następnie (1926)  
precyzyjny – T3. W począt-  
kowym okresie w zakładach  
produkowano rocznie po kil-  
ka egzemplarzy autografów  
i około 100 sztuk teodolitów  
(autograf kosztował ponad  
70 tys. franków, a zwykły teo-  
dolit niewiele ponad tysiąc).  
Heinrich Wild dość szyb-  
ko odszedł z zakładu w He-  
erbrugg (1931), czym innym  
było bowiem zarządzanie fir-  
mą, a czym innym konstru-  
owanie instrumentów. Kilka  
lat później zerwał on ostatecz-  
nie współpracę i był niez-

1865 I. Porro, fotogoniometr

1900 R. von Hammer, tachimetr autoredukcyjny

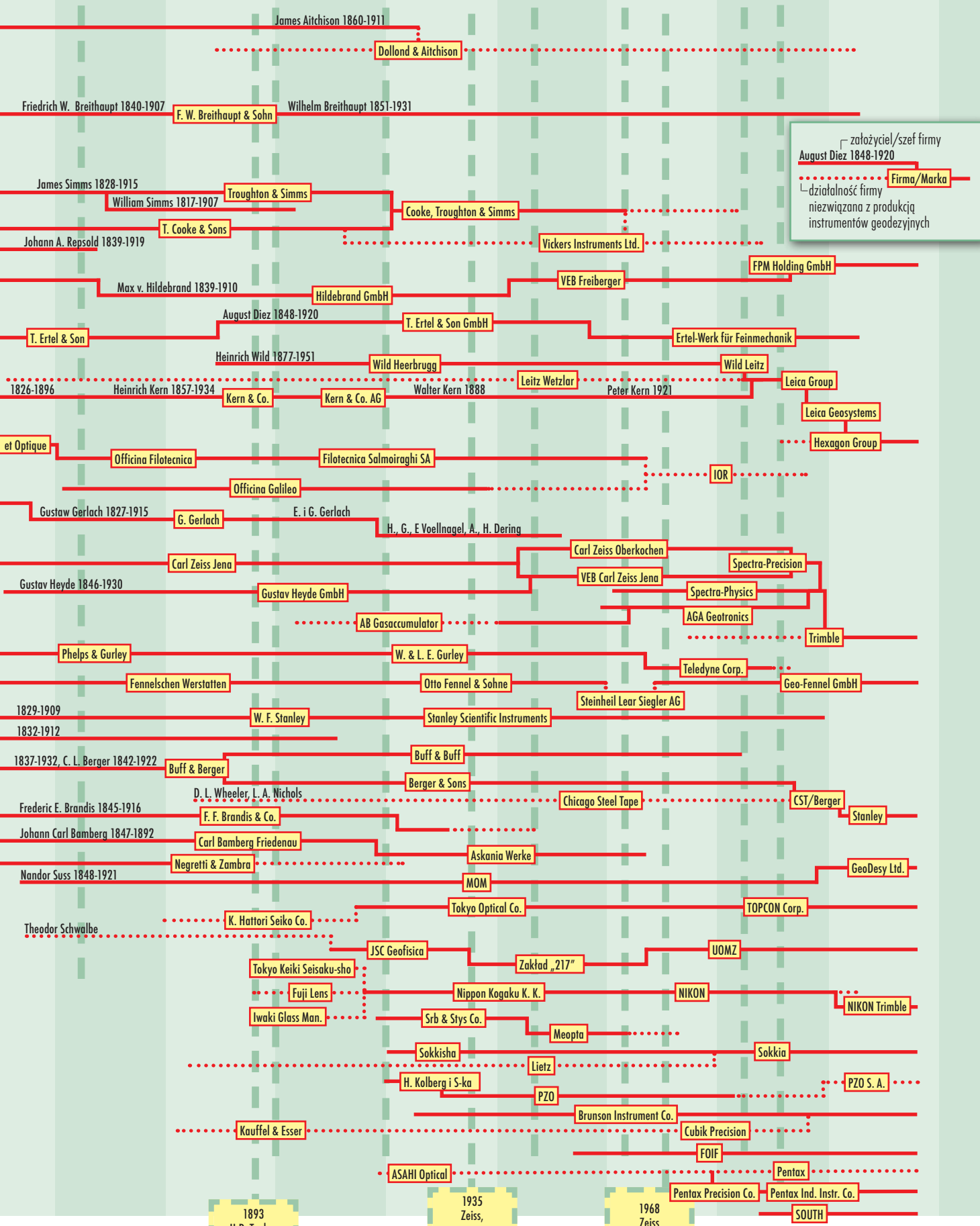
1920 Zeiss Jena, szklane koło podziałowe

1947 E. Bergstrand, dalmierz geodimeter

1963 Fennel, teodolit kodowy

1986 Wild Leitz, tachimetr bezlustrowy

1990 Geotronics, tachimetr zmotoryzowany



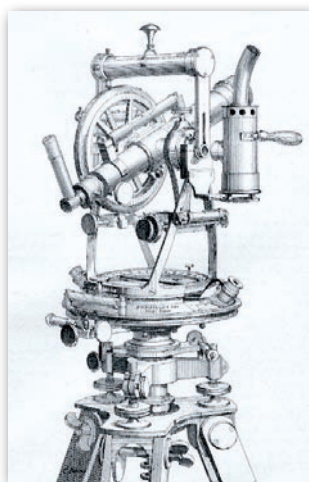
leżnym konstruktorem, pracował m.in. dla konkurencji Wilda – zakładów Kerna.

**P**od rządami rodziny Schmidheiny firma rosła w siłę. W 1930 roku zatrudniała 260 pracowników, a w 1942 roku już tysięcy. Teodolity Wilda były pierwszymi, które nie wymagały rektyfikacji w terenie, były gotowe do pracy po wyjęciu z pudełka. Poza tym nie trzeba było biegać wokół instrumentu, bo odczyt kąta, dzięki zastosowaniu nowych układów optycznych Wilda, znajdował się w polu widzenia lunety. Zdecydowanie zredukowano wagę i rozmiary instrumentów. Zastosowanie płytki płaskorównoległej w systemie odczytowym zwiększyło radykalnie dokładność odczytów kąta, znaczącym udoskonaleniem było skonstruowanie mikrometru koincydencyjnego, u Wilda powstał także pierwszy dalmierz na podczerwień oraz dopplerowski odbiornik nawigacyjny i cyfrowy niwelator. Firma ta przez dziesięciolecia była głównym producentem autografów. Ciekawostką jest to, że Wild jako pierwszy zastosował metalowe pudełka do transportu teodolitów i niwelatorów.

**O**czywiście rozwój jednej i drugiej firmy, jak i całej branży, nie przebiegał bez zakłóceń. Szczególnie we znaki dał się Wielki Kryzys z początku lat 30. XX wieku, kiedy to produkcja gwałtownie spadła. Zmiana na lepsze nastąpiła za sprawą wielkich zamówień wojskowych przed i w trakcie II wojny światowej. Z reguły firmy tego typu zajmują się również produkcją mikroskopów, soczewek, lornetek itp., a znaczącą część produkcji stanowią zamówienia dla armii. Poczynając od lornetek, jak chociażby tej peryskopowej, przez którą Hitler oglądał w 1939 roku płonącą Warszawę (prod. Zeissa), a przede wszystkim wszelkiego typu

układów celowniczych i dalmierzy dla artylerii, lotnictwa, łodzi podwodnych itp. O skali produkcji u Wilda świadczy to, że w 1942 roku jej wartość dla wojska wyniosła prawie 12 mln franków (połowę eksportowano do Niemiec), a dla sektora geodezyjnego – ok. 2,3 mln.

Jednym z klientów szwajcarskiej firmy była również



Polska. W latach 1936-39 kupiliśmy u Wilda m.in. 450 teodolitów T2. W połowie lat 30. wyłącznym przedstawicielem Wilda w Polsce był H. Rozen, którego biuro mieściło się w Warszawie przy ul. Kruczej 36. Oferowało ono m.in. całą gamę teodolitów, od 1-minutowego teodolitu-busoli T0, poprzez T1 (6", repetycyjny), T2 (1", uniwersalny), po T3 (0,2" precyzyjny). Jak napisano w ówczesnym katalogu, „przy powolnym dojrzewaniu konstrukcyj zostawiono w instrumentach tylko to, co naprawdę użyteczne, celowe i praktyczne”. Rzeczywiście tak zrobiono, wystarczy popatrzeć na smukłe i eleganckie konstrukcje Wilda.

**P**olski wkład w rozwój tej dziedziny jest niewielki. Firmę „Gustaw Gerlach” o największych tradycjach, której początki sięgają 1816 roku, komunistyczne władze zlikwidowały w 1953 roku. W latach 20. XX wieku spółka zatrudniała ok. 120 osób i zajmo-

wała się nie tylko produkcją teodolitów, kierownic itp., sprzedawała także wyroby (arytmometri), Hildebrandt, Fennel (teodolity).

Ledwie kilkunastoletni żywot (1899-1915) miała Fabryka Przyrządów Optycznych „Fos” założona przez Aleksandra Ginsberga (wcześniej głównego konstruktora w zakładach Zeissa). Niestety, w czasie I wojny światowej Rosjanie zakład zdemontowali i wywieźli do Petersburga.

W 1921 roku powstała z kolei „Fabryka Aparatów Optycznych i Precyzyjnych H. Kolberg i Ska” z siedzibą przy ul. Grochowskiej w Warszawie, od 1930 roku znana pod nazwą Polskie Zakłady Optyczne (istnieje do dzisiaj). Wśród instrumentów geodezyjnych przez nią produkowanych trudno jednak znaleźć wyrób o wysokiej jakości i precyzji.

**K**oniec XX wieku, to – czy tego chcemy, czy nie – triumfalny marsz elektroniki, także w budowie instrumentów geodezyjnych. W połowie lat 60. za sprawą zakładów Otto Fennela i Zeissa pojawiły się pierwsze teodolity kodowe. Wkrótce układy scalone i lasery zdomowały się na dobre zarówno w teodolitach, jak i niwelatorach. Niewiele osób pewnie pamięta, że popularny termin „total station” (połączenie elektronicznego teodolitu z dalmierzem) ukuła firma Hewlett-Packard, która w latach 60. i 70. miała swoją „przygodę” z geodezją. Niestety, zaporowa cena (30 tys. dolarów za egzemplarz) była nie do zaakceptowania dla rynku.

**O**d drugiej połowy XX wieku liczba firm produkujących instrumenty radykalnie zmalała, a w ostatnich latach zjawisko to nasiliło się jeszcze bardziej. Fuzje, przejęcia albo zaprzestanie produkcji spowodowały, że rynek opa-

nowało zaledwie kilkunastu producentów sprzętu. Nastąpiły zmiany w sposobie zarządzania firmami i w procesie produkcyjnym.

Zakłady Zeissa w swym szczytowym okresie zatrudniały kilkadziesiąt tysięcy pracowników. Dzisiaj dowolna firma ze światowej czołówki ma ich 10 razy mniej i są to głównie osoby zajmujące się zarządzaniem i sprzedażą. Setki poddostawców z całego świata plus odpowiednia logistyka zapewniają rytmiczną produkcję. Chipsety z Tajwanu, obudowa z Chin, optyka z Japonii, kable z Niemiec, pudełko z Malezji, oprogramowanie z USA do tego montaż w Singapurze i etykieta z Holandii – instrument gotowy.

**J**eśli wziąć pod uwagę to, że coraz trudniej zidentyfikować właściciela firmy, miejsce produkcji, a czasami i jej siedzibę, mamy globalizację w czystszej formie. Czy któryś z Czytelników zna nazwiska ludzi, którzy wymyślili zamontowanie serwomotorów, pomiar bezlustrowy, integrację instrumentów z kamerą cyfrową? Wielkie firmy niezbyt chętnie przyznają się też do swych korzeni, co po obejrzeniu schematu na poprzednich stronach wydaje się jednak zrozumiałe. Łatwiej i taniej jest kupić firmę z pomysłem, niż samemu rozwiązać problem. Obowiązują dyktat specjalistów od akcji, indeksów, instrumentów pochodnych, giełdy, ratingów i marketingu. Na pierwszym miejscu jest wynik finansowy i tzw. brand (marka).

Dlatego możemy zapomnieć o tym, że z którejkolwiek z współczesnych fabryk, wypuszczających te efektowne elektroniczne produkty, wyjdzie kiedykolwiek piękny instrument. Najdoskonalszy automat nie zastąpi bowiem ręki XVII-wiecznego rzemieślnika. Bo automaty nie mają duszy.