

KIEDY ŚWIAT ZOSTAŁ WPRAWIONY W RUCH: WYNAŁAZEK „CZTEROSUWU”

Silniki czterosuwowe są współcześnie najpowszechniejszą grupą tłokowych silników spalinowych wykorzystywanych na statkach jako jednostki napędowe okrętowych zespołów prądotwórczych oraz jako silniki napędu głównego statków w siłowniach o ograniczonych rozmiarach (np. w przedziałach maszynowych o wysokości kilku metrów). Silniki te zawiązały motoryzację, a także stanowią podstawowe źródło napędu wielu maszyn wykorzystywanych przez człowieka. Warto przypomnieć historię tego silnika.

Silniki czterosuwowe są współcześnie najpowszechniejszą grupą tłokowych silników spalinowych wykorzystywanych na statkach jako jednostki napędowe okrętowych zespołów prądotwórczych oraz jako silniki napędu głównego statków w siłowniach o ograniczonych rozmiarach (np. w przedziałach maszynowych o wysokości kilku metrów). Silniki te zawiązały motoryzację, a także stanowią podstawowe źródło napędu wielu maszyn wykorzystywanych przez człowieka. Warto przypomnieć historię tego silnika.

Znawcy tematu zapytani o wynalazcę silnika czterosuwowego zwykle od razu wskażą genialnego, niemieckiego konstruktora, inżyniera i wynalazcę Nicolausa Augusta Otto (ur. 10.06.1832, zm. 26.01.1891), który zbudował silnik czterosuwowy. W oparciu o jego prace silnik czterosuwowy został udoskonalony w 1886 roku przez niemieckich inżynierów Gottlieba Daimlera (ur. 17.03.1834, zm. 06.03.1900) i Wilhelma Maybacha (ur. 09.02.1846, zm. 29.12.1929), w 1890 roku przez francuskiego inżyniera Pierre dit Fernanda Foresta (ur. 13.10.1851, zm. 12.04.1914) i na przełomie lat 1892/1893 przez niemieckiego inżyniera Rudolfa Christiana Karla Diesla (ur. 18.03.1858, zm. 29.09.1913).

Nicolaus Otto prowadził prace nad rozwinięciem zbudowanego w 1860 roku przez belgijskiego inżyniera Jeana Josepha Étienne Lenoira (ur. 12.01.1822, zm. 04.08.1900) atmosferycznego (bez sprężania mieszanki palnej) dwusuwowego silnika gazowego zasilanego mieszaniną powietrza i gazu koksowniczego (patent francuski nr 43624 z 24.01.1860). Natomiast

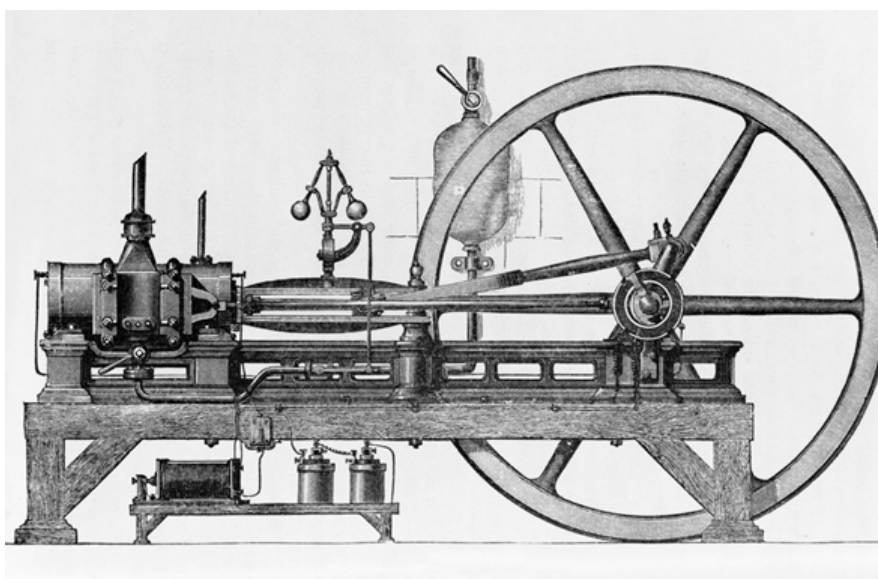


Nikolaus August Otto ca. 1868
(arch. Ullstein Bilderdienst)

w 1861 roku Otto zbudował pierwszy prototypowy silnik, realizujący w założeniu cykl czterosuwowy. Silnik ten po uruchomieniu pracował kilka minut,

po czym uległ awarii. Poza skąpych zapiskami niestety nie zachowały się żadne szczegółowe informacje techniczne na temat tej konstrukcji. Jednocześnie należy wskazać, że wniosek patentowy na silnik zasilany spirytusem złożony w styczniu 1861 roku przez Nicolausa Otto i jego brata Williama Otto (ur. ~1802, zm. ~1862) do pruskiego Ministerstwa Handlu został odrzucony z powodu braku nowości – zgłoszone rozwiązanie było w zasadzie kopią silnika Lenoira. Jednak wymieniony wniosek patentowy braci Otto z 1861 roku nie dotyczył silnika czterosuwowego.

W 1864 roku Nicolaus Otto razem z inżynierem Eugenem Langenem (ur. 09.10.1833, zm. 02.10.1895) założył pierwszą na świecie fabrykę silników spalinowych N.A. Otto & Cie. Później w 1869 roku firma zmieniła nazwę na Langen, Otto & Roosen, zaś w 1872



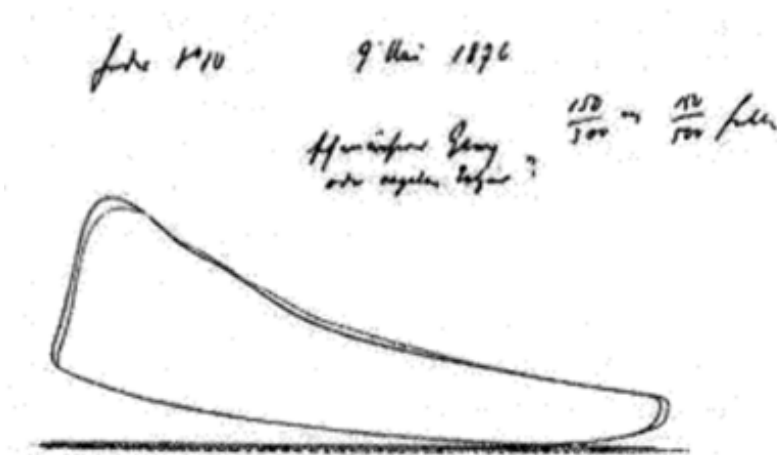
Schemat dwusuwowego silnika Étienne Lenoira z 1860 (źródło: Britannica)

roku powstał Gasmotorenfabrik Deutz (Fabryka Silników Gazowych Deutz), dzisiejsze Deutz AG. W 1867 roku Otto wspólnie z Langenem zbudowali i uruchomili silnik atmosferyczny autorskiej konstrukcji. Również w 1876 roku Otto we współpracy ze sprowadzonymi do firmy przez Gottlieba Daimlera inżynierami, Franzem Ringsem i Hermanem Schummem (ur. 02.02.1841, zm. 03.04.1901), ukończyli budowę silnika spalinowego pracującego według cyklu czterosuwowego (niemiecki patent cesarski DRP 532, wniosek z dn. 05.06.1876).

PODSTAWOWE DANE SILNIKA CZTEROSUWOWEGO NICOLAUSA OTTO Z 1876

Wyszczególnienie	Wartość
Liczba cylindrów	1
Średnica cylindra	161 mm
Skok tłoka	300 mm
Objętość skokowa cylindra	6,1 dm ³
Znamionowa prędkość obrotowa	180 obr./min
Moc znamionowa	2,2 kW
Jednostkowe objętościowe zużycie paliwa	1,29 m ³ /kWh

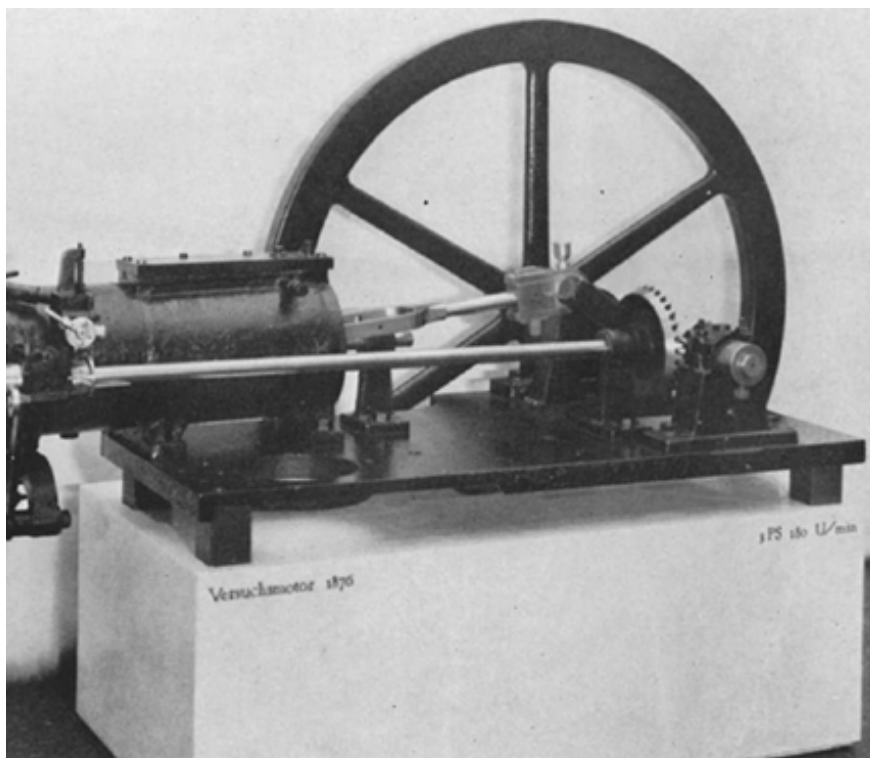
Sprowadzony do firmy Deutz Rings odniósł się negatywnie do zasadności dalszego rozwijania silników atmosferycznych, jednocześnie wskazując na potrzebę powrotu do idei silnika czterosuwowego, nad którą Otto pracował w 1861 roku, a która wówczas zakończyła się fiaskiem. Wspólnie zbudowali więc pierwszy tzw. cichy silnik Otto. Należy tu zauważyć, że nazwiska dwóch kluczowych współpracowników Nicolausa Otto – Ringsa i Schumma – są jedynie wzmiankowane w opisach historii silnika czterosuwowego i trudno jest dziś znaleźć szczegółowe informacje na temat ich udziału w powstaniu silnika czterosuwowego. Pomimo wielu prób nie udało mi się nawet znaleźć podstawowych informacji na ich temat takich jak choćby data narodzin i śmierci Franza Ringsa. Wiadomo, że Rings został zatrudniony w firmie Deutz 11 listopada 1875 roku jako inżynier doświadczalny i że po sześciu latach został przedstawicielem firmy Deutz w regionie Kolonii.



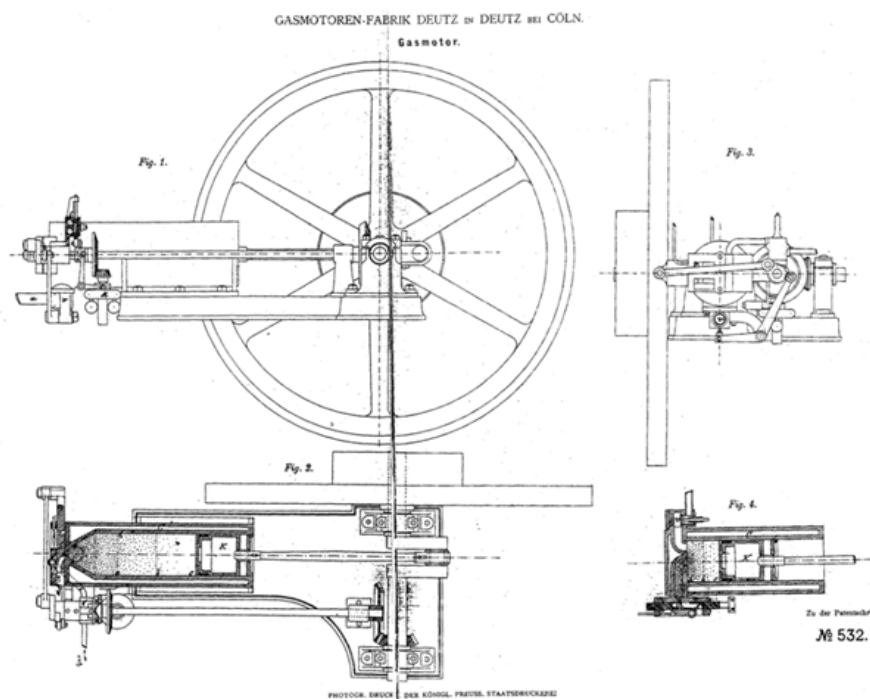
Wykres indykatorowy silnika czterosuwowego wykonany przez Nicolausa Otto dn. 09.05.1876 (źródło: Werkphoto Deutz)

Pomijanie nazwisk Ringsa i Schumma w opisach historycznych wynika oczywiście z tego, że największy udział w opracowaniu cichego silnika Otto miał właśnie on sam. Należy jednak podkreślić, że Rings i Schumm wniesli istotny wkład w zbudowanie silnika czterosuwowego. Otóż Franz Rings, zatrudniony wówczas jako inżynier doświadczalny Deutza i asystent Otto, wykonał pierwsze szkice i projekt silnika czterosuwowego w oparciu o wytyczne podane przez Otto, a Herman Schumm,

zatrudniony w firmie jako asystent Wilhelma Maybacha pomagał w budowie kolejnych prototypowych silników. Czterosuwowy silnik Otto, nazywany w niektórych źródłach internetowych silnikiem Ringsa-Schumma, zadebiutował na rynku jesienią 1876 roku i do 1889 roku sprzedaż wynosiła już 8300 silników rocznie. Słabym elementem silnika był układ zapłonowy, w którym zawór suwakowy otwierał zapłonnik, co Otto doskonalił w 1884 roku, gdy to wynalazł zapłon elektryczny.



Czterosuwowy silnik Nicolausa Otto z 1876 (źródło: Werkphoto Deutz)



Rysunek silnika czterosuwowego Nicolausa Augusta Otto załączony do złożonych w 1876 wniosków patentowych Nicolausa Otto w Niemczech, Francji i Hiszpanii

Nikolaus Otto próbował stworzyć monopol na cykl czterosuwowy, ale jego plany kontrolowania przemysłu zostały finalnie zniweczone. W roku 1886 i 1889 „patenty Otto” należące do Gasmotorenfabrik Deutz i do wynalazcy zostały unieważnione w Niemczech, a następnie w innych krajach. Podstawą takiego stanu rzeczy był, jak się okazuje, brak nowości silnika czterosuwowego autorstwa Nicolausa Otto. Istniały bowiem wcześniej udzielone patenty

i publikacje prezentujące zasadę działania silnika czterosuwowego.

Cofnijmy się więc nieco w czasie do 1862 roku, kiedy to francuski inżynier i termodynamik Alphonse Eugène Beau, znany jako Beau de Rochas (ur. 09.04.1815, zm. 27.03.1893), opublikował autorski pomysł na realizację cyklu czterosuwowego w silnikach spalinyowych, co przedstawił w eseju pt. *Nowe badania nad praktycznymi warunkami wykorzystania ciepła i ogólnie nad siłą*

napędową. Z zastosowaniem w kolejnictwie i żegludze (*Nouvelles recherches sur les conditions pratiques de l'utilisation de la chaleur et en général de la force motrice. Avec application au chemin de fer et à la navigation. E. Lacroix, Paryż 1862*).

De Rochas wskazał, że paliwo gazowe w silniku powinno zapalić się samoczynnie pod wysokim ciśnieniem, co można osiągnąć poprzez cztery fazy pracy maszyny: najpierw przez ssanie podczas pełnego skoku tłoka, następnie w następującym suwie kompresję, po którym następuje zapalenie [paliwa] od [górnego] martwego punktu i rozprężanie podczas trzeciego suwu, i wreszcie wylot spalonego gazu z cylindra w czwartym i ostatnim suwie. Widzimy więc, że pomysły de Rochasa zostały przedstawione 16 lat przed wykonaniem praktycznym silnika przez Nicolausa Otto. Co więcej, z treści eseju de Rochasa wynika, że pomysł samozapłonu paliwa w cylindrze silnika wyprzedzał o 30 lat patent udzielony Rudolfowi Dieslowi na czterosuwowy silnik o zapłonie samoczynnym (patent niemiecki nr 67207 z dn. 23.02.1892).

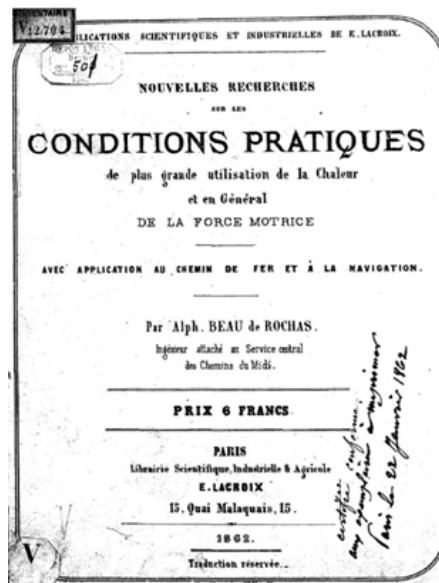
Dnia 16.01.1862 de Rochas uzyskał na silnik czterosuwowy francuski patent nr 52593 pt. *Poprawa praktycznych warunków zwiększenia wykorzystania ciepła, a mocy silnika w ogólności, z zastosowaniem w kolejnictwie i żegludze (Perfectionnements dans les conditions pratiques de plus grande utilisation de la chaleur et en général de la force motrice, avec application au chemin de fer et à la navigation)*.

Z kolei dnia 10.06.1862 de Rochas złożył do urzędu patentowego wniosek uzupełniający. Wnioski patentowe de Rochasa składały się jednak wyłącznie z opisu tekstowego i nie zawierały rysunków silnika. Z powodu braku środków finansowych na podtrzymanie ochrony własności przemysłowej po dwóch latach patent utracił swoją ważność wskutek nieopłacenia kolejnego okresu ochrony przez wynalazcę i jednocześnie właściciela praw do patentu.

Niestety we francuskich archiwach patentowych nie zachowała się żadna kopia wymienionego patentu. Nie ulega jednak wątpliwości, że Beau de Rochas jest autorem pierwszego kompletnego i poprawnego opisu teoretycznego czterosuwowego cyklu termodynamicznego. Pod koniec życia został uhonorowany mianem wy-



Alphonse Eugène Beau



Strona tytułowa eseju Alphonse'a Beau de Rochas z 1862

nalazcy silnika czterosuwowego, który jednak nie mógł zostać wykorzystany w praktyce, a jego dzieło ukończył Nicolaus Otto. Dziś dla upamiętnienia obu wynalazców cykl roboczy realizowany w silnikach o zapłonie iskrowym (zarówno czterosuwowych, jak i dwusuwowych) modelowany jest za pomocą termodynamicznego obiegu teoretycznego noszącego dwie alternatywne nazwy obiegu Otto albo obiegu Beau de Rochasa.

W naszej podróży ku początkom silnika czterosuwowego dotarliśmy do Beau de Rochasa i jego publikacji z 1862 roku. Pojawia się w tym miejscu pytanie, czy tylko jego publikacje stanowiły podstawę do unieważnienia patentów Nicolausa Otto. Otóż de Rochas przedstawił ideę silnika czterosuwowego, ale kto zbudował pierwszy działający silnik pracujący według tego cyklu? I tu pojawia się niespodzianka, która może zaskoczyć wielu specjalistów z zakresu teorii silników spalinowych. Odpowiedzią na powyższe pytanie, jak się okazuje, jest osoba urodzonego w Austrii niemieckiego wynalazcy, inżyniera i zegarmistrza Christiana Reithmannna (ur. 09.02.1818, zm. 01.07.1909). Reithmannn prowadził eksperymenty z silnikami od 1848 roku, w tym pośród jego osiągnięć należy wskazać: 1848 – testy własnego silnika atmosferycznego, 1852 – próby z wykorzystaniem gazu Browna jako paliwa, 1858 – próby z wykorzystaniem gazu koksowniczego jako paliwa. Dnia 28.10.1860 Reithmannn uzyskał przypuszczalnie swój pierwszy patent na dwusuwowy silnik spalinowy własnej konstrukcji. Wynalazca zbudował również prototyp urządzenia, który działał w jego warsztacie w Monachium aż do 1881 roku.

PODSTAWOWE DANE SILNIKA CHRISTIANA REITHMANNNA Z 1860

Wyszczególnienie	Wartość
Liczba cylindrów	1
Średnica cylindra	98 mm
Skok tłoka	111 mm
Objętość skokowa cylindra	1,09 dm ³
Znamionowa prędkość obrotowa	200 obr./min

Patent Reithmannna z 1860 roku wygasł rok później. Jednak już w 1862 roku Christian Reithmannn złożył kolejny wniosek patentowy, tym razem na silnik czterosuwowy pracujący według

- 1^{re} aspiration pendant une course entière du piston;
- 2^{re} compression pendant la course suivante;
- 3^{re} inflammation au point mort et détente pendant la troisième course;
- 4^{re} refoulement du gaz brûlé hors du cylindre au quatrième et dernier retour

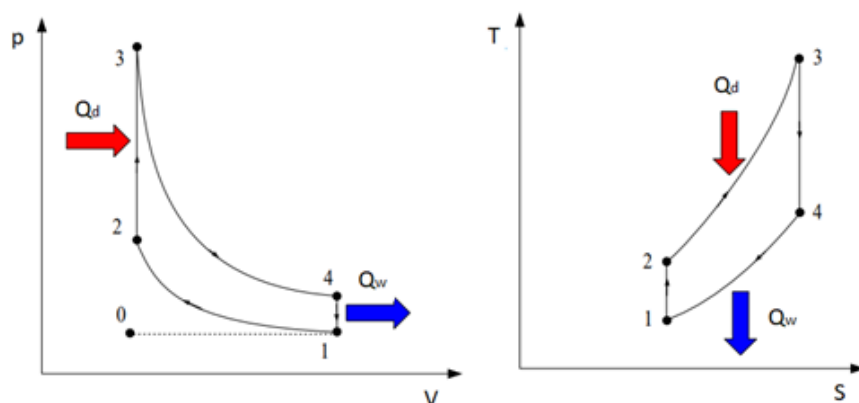
Opis cyklu termodynamicznego silnika czterosuwowego przedstawiony przez Alphonse'a Beau de Rochasa w eseju z 1862



Christian Reithmannn
(fot. Otto Reitmayer)

idei przedstawionej przez de Rochasa. Kolejno w 1868 roku Reithmannn przy wsparciu finansowym malarza szkła Maximilia Emanuela Ainmüllera (ur. 14.02.1807, zm. 09.12.1870) przygotował następny wniosek patentowy,

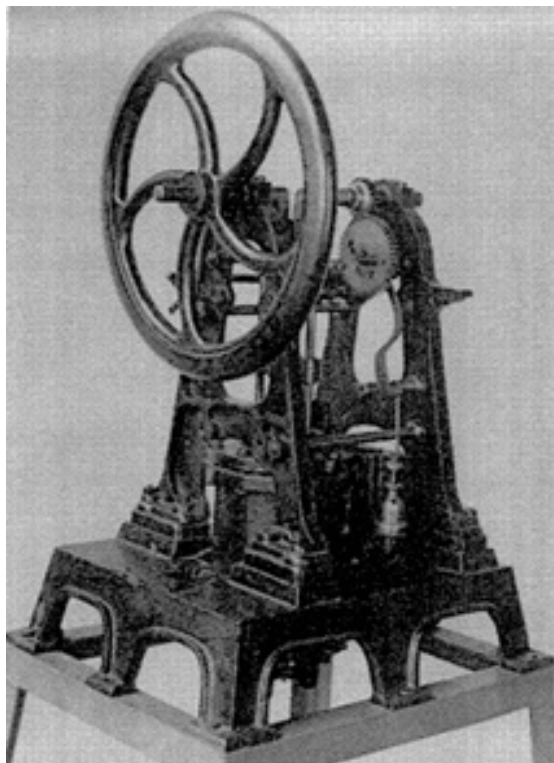
próbując uruchomić seryjną produkcję silników. Nie udało się to jednak, a brak wystarczających środków finansowych na wdrożenie wynalazków przyczynił się do spowolnienia rozwoju silników jego autorstwa. Jednak nie na długo, gdyż już w styczniu 1872 roku Reithmannn zaprezentował kolejny stacjonarny silnik tłokowy publiczności składającej się z profesjonalistów w klubie Politechniki w Monachium. Wybitny termodynamik i wynalazca Carl Paul Gottfried von Linde (ur. 11.06.1842, zm. 16.11.1934) odnotował prezentację silnika Reithmannna w Bawarskim dzienniku przemysłowo-handlowym (Die Bayerns Industrie und Handel Zeitung). Silnik Reithmannna opierał się na równomiernym przepływie powietrza pomiędzy dwoma tłokami i wykorzystywał energię rozprężenia spalającej się mieszaniny palnej. W 1873 roku Reithmannn udoskonalił system, tworząc silnik pracujący w czterotakcie, co nazwał czterema cyklami zegarowymi – usunął poduszkę powietrzną między tłokami i bezpośrednio sprężył mieszkę gazowo-po-



Obieg Otto / Beau de Rochas: Q_d – ciepło doprowadzone, Q_w – ciepło odprowadzone, p – ciśnienie indykowane, V – objętość cylindra, T – temperatura czynnika, S – entropia czynnika; 1–2 – adiabatyczne sprężanie, 2–3 – izochoryczne doprowadzenie ciepła; 3–4 – adiabatyczne rozprężanie, 4–1 – izochoryczne odprowadzenie ciepła (rozprężanie), 1–0–1 – wymiana ładunku (w silnikach czterosuwowych)

wietrzną, co dało lepszy efekt niż w oryginalnej wersji silnika. Tak więc Reithmann przedstawił światu pierwszy działający silnik czterosuwowy trzy lata przed Nicolausem Otto.

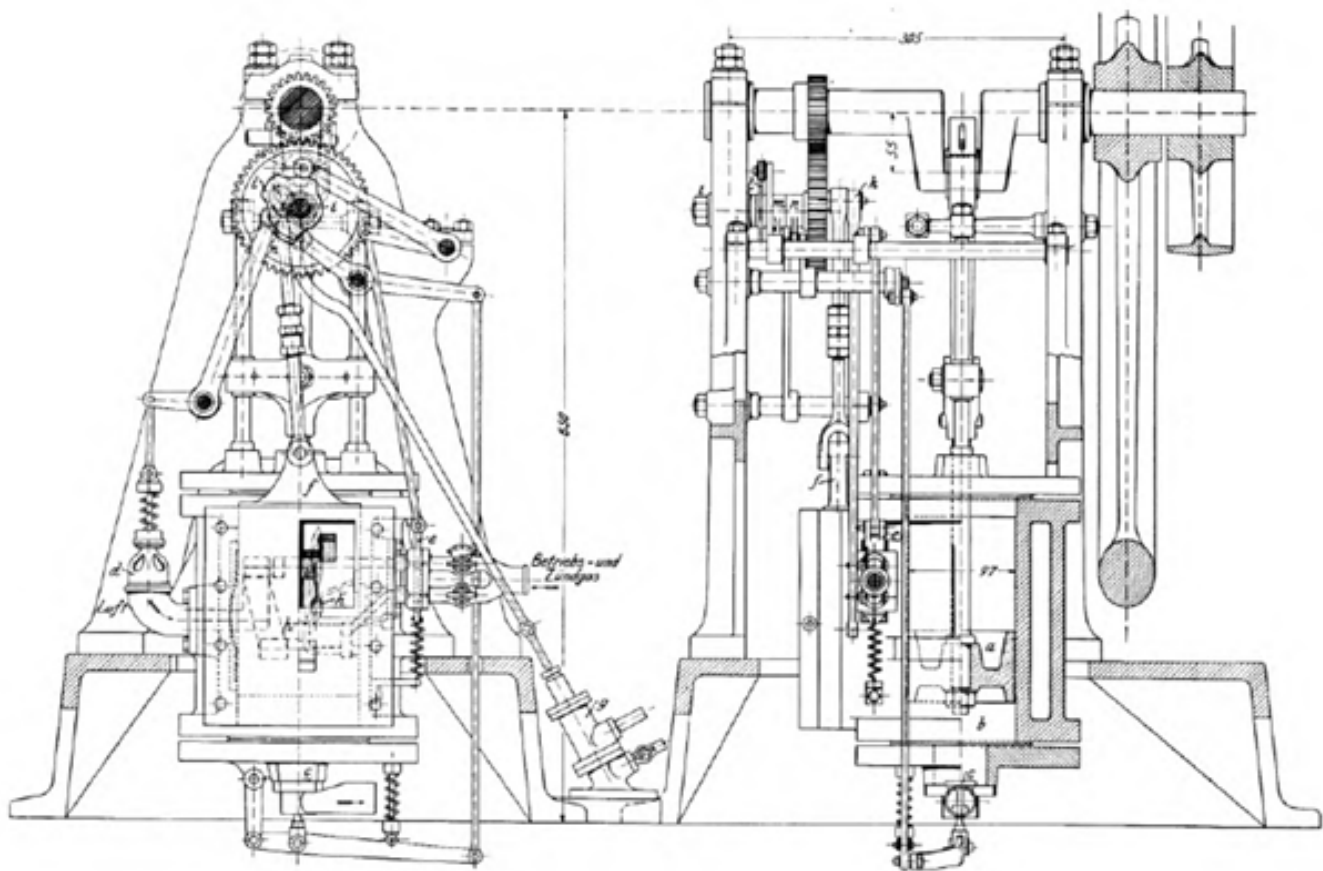
W 1883 roku na łamach magazynu Stowarzyszenia Inżynierów Niemieckich (Verein Deutscher Ingenieure) ukazał się artykuł, w którym wskazano, że Reithmann zbudował swój silnik trzy lata przed Otto, a nawet sugerowano, że Otto znał silnik Reithmanna, zanim opracował własną konstrukcję. Firma Deutz zaczęła stosować „nieczyste zagrania”. Partner Nicholasa Otto Eugen Langen został oskarżony o wywieranie presji na rzeczoznawcy sądowym inżynierze i profesorze termodynamiki Maximilianie Moritzu Schröterze (ur. 25.02.1851, zm. 12.03.1925), natomiast Nicolaus Otto kilkakrotnie odwiedzał Reithmanna, próbując załatwić sprawę bezpośrednio z nim. Ostatecznie Christian Reithmann wygrał z firmą Deutz spór patentowy w 1884 roku. Firma musiała wypłacić Reithmannowi żądane zadośćuczynienie.



Silnik spalinowy Reithmanna, będący dowodem w sporze sądowym Reithmann kontra Deutz, zbudowany w 1872 lub 1873 z późniejszymi modyfikacjami (źródło: Werkphoto Deutz za Lyle Cummins, Internal Fire)

Autorstwo wynalazku Reithmanna przyczyniło się też do utraty patentów przez Nicolausa Otto w 1886 roku i 1889 roku. Obaj wynalazcy finalnie

doszli do ugody, tj. za gratyfikacją finansową ze strony Nicolausa Otto. Reithmann umożliwił Otto korzystanie z praw do silnika czterosuwowego



Rysunek silnika czterosuwowego Christiana Reithmanna zbudowanego w 1872/1873 (źródło: Hugo Güldner Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren. Verlag von Julius Springer, Berlin 1903)



Pierwsza łódź motorowa Daimlera i Maybacha z silnikiem o mocy 2 KM podczas rejsu w 1886; przed sternikiem widoczni Daimler i Maybach; na dziobie ich synowie (od lewej) Paul Daimler i Karl Maybach; pod daszkiem przeciwsłonecznym robotnicy, którzy zbudowali łódź (fot. Daimler-Motoren-Gesellschaft)

i „przekazał” mu autorstwo tego silnika. W zamian Otto zapłacił Reithmannowi za zrzeczenie się przysługujących mu praw osobistych (Sic!) 25 tys. złotych marek oraz zapewnił mu dożywotnią emeryturę (źródło: <http://www.themotormuseuminminiature.co.uk/inv-christian-Reithmannn.php>, dostęp: 09.05.2022). Wynalazcy uzgodnili też, że żadna ze stron nie będzie publicznie oczerniać drugiej. Realizacja tej nieetycznej umowy umożliwiła dalszy rozwój silników czterosuwowych realizowany przez firmę Deutz i jej licencjobiorców. Z książki Lyle Cummins *Wewnętrzny ogień – silnik o spalaniu wewnętrznym, 1673–1900* (ang. *Internal Fire – the internal combustion engine, 1673–1900*) możemy dowiedzieć się, że Otto odwołał się do sądu wyższej instancji, gdzie wygrał.

Jeszcze w 1903 roku niemiecki inżynier i wynalazca Hugo Güldner (ur. 18.07.1866, zm. 12.03.1926) opublikował książkę pt. *Projektowanie i obliczanie silników spalinowych* (niem. *Das Entwerfen und Berechnen der Verbrennungsmotoren*) poświęconą historii silnika czterosuwowego, gdzie jako jego twórcę wskazał Reithmannna, jednak w tekście tym zabrakło informacji o apelacji Otto do sądu wyższej instancji. Po czym na wiele lat „zapomniano” o nazwisku Reithmannna, a Otto został okrzyknięty wynalazcą silnika czterosuwowego.

Po śmierci Otto arkaną dotyczącą autorstwa koncepcji silnika czterosuwowego pozostały w ciszy aż do 1949 roku, kiedy to dziedzictwo Reithmann-

na zostało ponownie upowszechnione, tym razem za sprawą wydanej wówczas książki autorstwa syna Eugena Langena, Arnolda Langena (ur. 20.07.1876, zm. 17.01.1947) zatytułowanej *Nicolaus August Otto – twórca silnika spalinowego* (niem. *Nicolaus August Otto. Der Schöpfer des Verbrennungsmotors*. Stuttgart, Franckh 1949). Walka Otto z Reithmannem o prawa do wynalazku została udokumentowana w książce dr. Gustava Goldbecka *Christian Reithmannn – zegarmistrz i wynalazca silników 1818–1909* (niem. *Christian Reithmannn – Uhrmacher und Motorenerfinder 1818–1909*, w: *Technikgeschichte in Einzeldarstellungen*, nr 1, Düsseldorf 1967). Natomiast w 2008 roku dr Jutta Siorpaes wydała napisaną po niemiecku książkę pt. *Kiedy świat został wprowadzony w ruch: Christian Reithmann i wynalazek czterosuwa* (niem. *Als die Welt in Bewegung geriet: Christian Reithmannn und die Erfindung des Viertaktmotors*. Berenkamp 2008), która prezentuje kulisy wyścigu o pierwszeństwo na podium wynalazcy silnika czterosuwowego. Niemniej nie jest to publikacja naukowa, brak jest w niej wykazów i odniesień do literatury, zaś głównym materiałem źródłowym do jej przygotowania były zapiski z wywiadu, który z Reithmannem przeprowadził pradiadek autorki.

Podsumowując, trzeba jednak zauważyć, że niezależnie od różnych teorii dotyczących autorstwa silnika czterosuwowego Nicolaus Otto był niezaprzeczalnie pionierem w rozwoju tych silników i wynalazcą, dzięki któremu korzystamy dziś powszechnie

z tych maszyn. To właśnie dzięki działalności Otto silniki firmy Deutz, jej licencjobiorców oraz firm założonych przez jej pracowników w krótkim czasie znalazły zastosowanie w wielu dziedzinach przemysłu, w tym do napędu statków morskich.

W 1886 roku szybkoobrotowy czterosuwowy silnik spalinowy Daimlera i Maybacha, opracowany w Cannstatt, jeszcze zanim został wykorzystany w samochodzie, świętował swoją premierę jako system napędowy łodzi na rzece Neckar. Latem 1886 roku Daimler wyposażył w taki napęd trzy łodzie.

W październiku 1886 roku Daimler złożył wniosek patentowy na swoje „urządzenie do napędu wału śrubowego statku za pomocą silnika gazowego lub naftowego”. 1 czerwca 1887 roku uzyskał niemiecki patent cesarski na ten wynalazek (patent nr DRP 39367), zaś w USA jeszcze szybciej, gdyż już 26 kwietnia 1887 roku. W kolejnych latach silniki czterosuwowe stały się coraz powszechniejszym rodzajem napędu statków wodnych, ale to już temat na kolejne artykuły.

Na zakończenie składam serdeczne podziękowanie Panu inż. Hansowi-Jürgenowi Reußowi – archiwistce firmy Deutz w latach 1971–1980 i autorowi wielu książek poświęconych historii silników spalinowych – za informacje dotyczące udziału Nicolausa Otto, Christiana Reithmannna, Franza Ringa i Hermana Schumma w powstaniu silnika czterosuwowego.

Leszek Chybowski