

Sławomir Leciejewski

WIZUALIZACJA I TECHNIKI NOTOWANIA W NAUKACH PRZYRODNICZYCH (WEDŁUG HANSA-JÖRGA RHEINBERGERA)

STRESZCZENIE

W komentarzu do fragmentów *Epistemologii historycznej* poświęconych problemowi wizualizacji i technikom notowania w naukach przyrodniczych odwołam się do tez Patera Galisona z monografii „Image and logic: a material culture of microphysics”, aby dokonać krytycznej analizy ustaleń Hansa-Jörga Rheinbergera w kontekście współczesnej praktyki eksperymentalnej wspomaganą komputerowo. Udzielę odpowiedzi na pytanie, czy tezy zawarte w *Epistemologii historycznej* dotyczące wizualizacji i notowania można utrzymać w konfrontacji z komputerowym stylem badań naukowych, dominującym w pracach eksperymentalnych od lat osiemdziesiątych XX wieku.

Słowa kluczowe: epistemologia historyczna, wizualizacja, styl badań naukowych.

W 2015 roku nakładem Oficyny Naukowej wydana została książka Hansa-Jörga Rheinbergera zatytułowana *Epistemologia historyczna*. Jest to zbiór dziewięciu artykułów, które ukazywały się w latach 1993–2015. Klamrą spinającą te prace jest w opinii ich autora przekonanie, że „filozofia nauki bez historii nauki jest pusta, a historia nauki bez filozofii nauki ślepa”¹. W pierwszym rozdziale książki zatytułowanym „Po co historia nauki?” autor rozważa spektrum możliwości dotyczących powyższego przekonania. Jego analizy w tej części książki oscylują od bieglej w historii epistemologii do bieglej w epistemologii historiografii. Drugi rozdział zatytułowany „Epistemologia historyczna. Wprowadzenie” zawiera syntetyczny przegląd historyzowania refleksji o ustroju nauk od końca XIX do końca XX wieku. Rheinberger odwołuje się głównie do tych autorów, których uznaje za inspirują-

¹ H. J. Rheinberger, *Epistemologia historyczna*, Oficyna Naukowa, Warszawa 2015, 7.

cych jego własne dalsze badania z zakresu epistemologii historycznej. Wymienia wśród nich Ludwika Flecka i Gastona Bachelarda.

Rozdział trzeci zatytułowany „Systemy eksperymentalne i rzeczy epistemiczne” dotyczy systemów z zakresu biologii molekularnej. W rozdziale tym autor definiuje systemy eksperymentalne jako „podstawowe epistemiczno-techniczne jednostki, które określają tok rozwoju nowoczesnych nauk”². W rozdziale czwartym zatytułowanym „Epistemiczne konfiguracje” autor śledzi tego rodzaju konfiguracje, które konstytuują różnorakie relacje między systemami eksperymentalnymi i rzeczami epistemicznymi. Zamykający całość rozdział piąty zatytułowany „Kultury eksperymentowania” na bazie przykładu z historii biologii XX wieku pokazuje więź między systemami eksperymentalnymi a kulturami eksperymentalnymi.

Z perspektywy prowadzonych badań z zakresu filozofii i metodologii współczesnego eksperymentu wspomaganego komputerowo,³ najciekawsze wydają się dwa ostatnie podrozdziały rozdziału czwartego traktujące o problemie wizualizacji w naukach przyrodniczych oraz o technikach notowania podczas pracy eksperymentalnej. W pierwszym z nich zatytułowanym „Czynienie widocznym. Wizualizacja w naukach przyrodniczych” autor omawia to, co rozgrywa się pomiędzy poznającym podmiotem a przedmiotem poznania. Przedstawia przykładowo kilka procedur wizualizacji: kompresję-dylatację, wzmocnienie oraz schematyzację. Chce w ten sposób stworzyć coś w rodzaju typologii naukowej wizualizacji.⁴ W rozdziale kolejnym zatytułowanym „Notowanie. Ekonomia kartek” analizuje w jaki sposób w laboratorium powstaje nowa wiedza; wymienia różne procesy prowadzące do jej kształtowania się, m.in. notatki na brudno, bazgroły, przeformułowane protokoły itd.⁵

Punktem wyjścia rozważań dotyczących uwidaczniania w naukach przyrodniczych jest dla Rheinbergera pytanie, jakie miejsce zajmuje wizualizacja w nauce. Autor *Epistemologii historycznej* twierdzi, że „uwidacznianie czegoś, co nie ukazuje się samo, czyli nie jest bezpośrednio oczywiste i nie stoi przed oczyma, stanowi główny rys i główne dokonanie nowoczesnej nauki w ogóle”⁶. Z tego względu w produkcji naukowego poznania nowożytności pojawiło się historycznie ściśle powiązanie między nauką a techniką, co doprowadziło do technologicznej konstytucji produkcji przyrodniczego pozna-

² Ibidem.

³ Por: S. Leciejewski, *Cyfrowa rewolucja w badaniach eksperymentalnych. Studium metodologiczno-filozoficzne*, Wydawnictwo Naukowe UAM, Poznań 2013; S. Leciejewski, M. Maj, *Komputery w badaniach doświadczalnych*, Materiały Budowlane, nr 3/2013, 87–89; S. Leciejewski, *Specyfika wspomaganych komputerowo badań eksperymentalnych w naukach przyrodniczych*, *Studia Philosophiae Christianae*, 45 (2009) 1, 119–131; idem, *Status eksperymentatora w naukach empirycznych a współczesne techniki informatyczne*, w: D. Sobczyńska, P. Zeidler (red.), *Homo experimentator*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Filozofii UAM, Poznań 2003, 159–187.

⁴ Por. H. J. Rheinberger, *Epistemologia historyczna*, op. cit., 241–243.

⁵ Ibidem, 259.

⁶ Ibidem, 241.

nia. Autor szczegółowo dyskutuje o kilku zapośredniczonych technicznie procedurach wizualizacji, które miały decydujące znaczenie dla powstania molekularnych bionauk w połowie XX wieku. Opisuje użycie radioaktywnych izotopów, dzięki którym uwidaczniać można procesy przemiany materii oraz struktury komórek, tkanek i makromolekuł.⁷ Następnie omawia technikę ultrawierowania, która pozwoliła na osobne przedstawienie różnorodnych makromolekularnych części komórki i na pokazanie relacji zachodzących między nimi. Kolejną techniką obrazowania omówioną przez Rheinbergera jest chromatografia, która zwiększyła zdolność rozdzielczą ultrawierowania do wymiarów atomowych. Na koniec opisuje technikę mikroskopii elektronowej, która umożliwiła uwidocznienie struktur komórkowych.

Na bazie tych przykładów Rheinberger prezentuje swoją autorską typologię naukowych wizualizacji, które dzieli na procedury kompresji i dylatacji, wzmocnienia oraz schematyzacji. Pierwsza z nich w opinii Autora jest bardzo ważna w kontekście uwidaczniania struktur lub procesów, gdyż bez tego rodzaju ściśnień lub rozszerzeń (aspekt przestrzenny uwidaczniania) oraz spowolnień lub przyspieszeń (aspekt czasowy) nie mogłaby rozwijać się nauka w XX wieku. Chodzi w niej bowiem, w kontekście naukowego eksperymentowania, o wymyślanie i wytwarzanie takich urządzeń badawczych, by sprowadzać badane zjawiska w dziedzinę czegoś, co będzie widzialne dla eksperymentatora. „Co jest zbyt małe, musi zostać nadęte, co jest zbyt duże, musi zostać ściśnięte. Zbyt szybkie musi zostać zahamowane, a to, co zbyt wolne – przyspieszone”.⁸ Jako jedną z typowych form dylatacji danych strukturalnych przedstawia powiększanie w mikroskopie elektronowym, a do typowych form kompresji danych strukturalnych zalicza mapę (np. struktur molekularnych). Do typowych form kompresji i dylatacji danych procesualnych zalicza natomiast krzywą, gdyż w jednej krzywej całe serie pomiarów pewnej określonej wielkości ukazują wzory czy tendencje, które trudno byłoby znaleźć w tabelach z danymi, którym odpowiadają te krzywe. „W ten sposób generuje się przestrzeń przedstawienia, w której dane dają się spoić we wzory, które z kolei mogą stanowić znów impuls nowych eksperymentów i rekonstrukcji tych właśnie wzorów. W tym sensie więc same obrazy funkcjonują znów jako instrumenty. Stają się integralnymi elementami eksperymentalnych cykli”.⁹

Następną procedurą wizualizacji jest wzmocnienie. Do typowych dla biologii molekularnej pierwszej połowy XX wieku form wzmocnienia zalicza Rheinberger znakowanie radioaktywne, mikroskopię optyczną i elektronową

⁷ „Zasada tej techniki uwidaczniania polega na wbudowywaniu nietrwałych izotopów atomów, takich jak węgiel, wodór czy fosfor, w biomolekuły i rejestrowaniu za pomocą odpowiednich instrumentów pomiarowych sygnałów, które wywołuje ich rozpad”. Ibidem, 242.

⁸ Ibidem, 243.

⁹ Ibidem, 247.

oraz dwuwymiarową chromatografię. Wiąże z tym problem dotyczący preparowania obiektów, które muszą każdorazowo zostać specjalnie dostosowane do danej procedury wizualizacji. Preparaty te jako klasy obiektów epistemicznych uwidaczniają potem, w swoich różnych formach dostosowanych do danej techniki obrazowania, konkretny, zapośredniczony technicznie i jednocześnie historycznie zmienny, sposób dochodzenia do wiedzy.¹⁰

Trzecią procedurą wizualizacji, jest schematyzacja mechanizmów. Używana ona była głównie w przedstawianiu złożonych procesów biologicznych, a w XX wieku rozwinęła się do własnego obrazowego języka biologii. Rheinberger twierdzi, że do lat pięćdziesiątych XX wieku, dla powstającej biologii molekularnej wzorcem był formalny język biochemii, a w drugiej połowie XX wieku nowa forma schematyzacji zdominowała przedstawianie molekularnych jednostek i ich oddziaływania jako nanomaszyn. Innymi słowy zaszło przejście od języka formalnego do obrazów schematyzacji, które są próbami wizualizacji danego procesu w postaci schematycznego obrazu, który jest bardziej czytelny niż język formalny wzorów chemicznych. Jako przykłady dotyczące tego zagadnienia Rheinberger podaje rolę modelowania wizualnego za pomocą drutu i tektury w wyjaśnieniu struktury podwójnej helisy DNA oraz trójwymiarowej struktury hemoglobiny.¹¹

Autor podsumowując swoje rozważania dotyczące wizualizacji w naukach przyrodniczych twierdzi, że te trzy „procedury wizualizacji w naukach przyrodniczych z reguły nie występują w izolacji, lecz w konkretnym związku eksperymentalnym odnoszą się do siebie i wzajemnie wspierają. [...] Im łatwiej można je odnieść do siebie, tym bardziej wynik wydaje się stabilny”.¹²

Drugi, interesujący rozdział *Epistemologii historycznej* poświęcony został technikom notowania w naukach przyrodniczych. Autor omawia w nim indywidualne i kolektywne sposoby zapisywania obecne w pracy laboratoryjnej. Pierwotne formy indywidualnego notowania i zapisywania w ramach tej pracy, jak twierdzi Rheinberger, pełniły zadanie utrwalania i zachowywania danych; używano ich jako „magazynu tranzytowego” na drodze do konkretnego rezultatu badań. Późniejsze publikacje naukowe eliminują tego rodzaju „magazyny tranzytowe”. Przedstawiają w nich swoją działalność jako uporządkowany ciąg pojęć i doświadczeń, które są powiązane logicznie. Notatki badawcze natomiast przedstawiają naukę, która błądzi, waha się, potyka i cofa. Jest to, według Rheinbergera, swoista przestrzeń próby bez ostrych kryteriów kompatybilności.¹³

Autor *Epistemologii historycznej* zauważa również, że w nauce odnaleźć można różnorodne kategorie kolektywnego pisania i zachowywania śladów pracy badawczej. Jako pierwszą z nich wymienia listy, tabele, tj. wszystko to,

¹⁰ Por. *ibidem*, 247–253.

¹¹ Por. *ibidem*, 253–258.

¹² *Ibidem*, 258.

¹³ Por. *ibidem*, 259–263.

co może stanowić naukową buchalterię, czy techniki liczenia. Służą one jako bazy danych, w które wpisywane są na bieżąco nowe wyniki badań. Mogą być one udostępniane kolektywnej pracy różnych laboratoriów. Druga natomiast kategoria kolektywnych technik notowania obejmuje, według Rheinbergera, zestandaryzowane formularze protokołów i podręczniki laboratoryjne, które nazywa technikami literalnymi. Do tej grupy zalicza zestandaryzowane procedury eksperymentalne, które przekazują te elementy praktyki laboratoryjnej, które okazały się skuteczne w określonych warunkach.¹⁴

Opisane pokrótce techniki notowania (techniki liczenia i techniki literalne) dla autora *Epistemologii historycznej* odgrywają rolę nośnika w powstawaniu tradycji badawczych, które określa jako wynik materialnej reprodukcji lokalnych kultur badawczych. Na kultury te mają się składać właśnie utrwalone przepisy postępowania, zestandaryzowane schematy eksperymentów oraz specjalnie zaadoptowane programy komputerowe.¹⁵ Wzmiankuje w tym kontekście o formach elektronicznego gromadzenia, uzyskiwania i przekazywania danych, które mogą rodzić nowe pytania badawcze,¹⁶ ale pytań tych niestety nie formułuje i tym samym nie analizuje, jakże ważnego we współczesnej praktyce eksperymentalnej, zagadnienia komputerowej akwizycji i archiwizacji danych empirycznych.

Warto także odnotować, że w *Epistemologii historycznej* znajdujemy odniesienia do ustaleń Petera Galisona,¹⁷ ale – co zastanawiające – Rheinberger nie przywołuje bardzo ważnej dla dorobku Galisona książki *Image and Logic: a Material Culture of Microphysics*.¹⁸ Wydaje się bowiem, że wyniki uzyskane w tej książce mogłyby wnieść wiele cennego do rozważań autora *Epistemologii historycznej* dotyczących problemu wizualizacji i technik notowania obecnych w kulturze eksperymentalnej.¹⁹

Jak wiadomo, Galison w swojej wcześniejszej książce *How Experiments End*²⁰ rozróżnia dwie kultury badawcze nauki (kulturę teoretyczną i eksperymentalną). Mówiąc bardzo ogólnie, kultura teoretyczna to ta, którą konstytuują metodologiczne reguły pracy przyjmowane przez fizyków teoretyków, a kultura eksperymentalna to ta, którą charakteryzują reguły badań eksperymentalnych. Badanie relacji między tymi dwoma kulturami stanowi centralne zagadnienie wielu opublikowanych artykułów i drugiej książki Galisona. Kultura teoretyczna była już jednak wszechstronnie analizowana

¹⁴ Ibidem, 267–269.

¹⁵ Ibidem, 269.

¹⁶ Ibidem, 268.

¹⁷ Ibidem, 117, 299, 301, 306.

¹⁸ P. Galison, *Image and Logic: a Material Culture of Microphysics*, University of Chicago Press, Chicago 1997.

¹⁹ Warto podkreślić, że wzmiankowana książka Galisona ukazała się w 1997 roku a artykuły Rheinbergera, na bazie których napisał dwa analizowane przeze mnie rozdziały *Epistemologii historycznej* w latach 2006 i 2009. Miał zatem aż 9 lat na recepcję ustaleń z *Image and Logic: a Material Culture of Microphysics*.

²⁰ P. Galison, *How Experiments End*, University of Chicago Press, Chicago 1987.

w teoretyczystycznie zorientowanej filozofii nauki, zatem autor ten poświęca najwięcej uwagi analizie kultury eksperymentalnej, której w głównej mierze poświęcona jest jego, licząca prawie tysiąc stron, druga książka *Image and Logic: a Material Culture of Microphysics*. W tej monografii, w kulturze eksperymentalnej dokonuje rozróżnienia dwóch tradycji: wizualnej (inaczej – obrazowej) oraz numerycznej, którą nazywa logiczną. Według Galisona te dwie tradycje konstytuuje używanie danego typu detektorów:

– tradycję wizualną – detektory wizualne, np. komory pęcherzykowe, które dostarczają informacji o poszczególnych, jednostkowych przypadkach danego zjawiska,

– tradycję numeryczną – detektory elektroniczne, np. licznik Geigera, które dostarczają mniej szczegółowych informacji o poszczególnych przypadkach danego zjawiska, ale wykrywają ich znacznie więcej.

Te dwie tradycje, wizualna i numeryczna, kształtują dwie różne epistemiczne tradycje, mające swój wyraz np. w różnym sposobie argumentowania. W pierwszym wypadku uzasadnia się odwołując do szczegółowych obrazów, a w drugim – do wyników liczbowych uzyskiwanych z przyrządów pomiarowych; dlatego ich opracowanie opiera się na zastosowaniu argumentacji statystycznej wykorzystującej dużą liczbę wyników.

Galison w *Image and Logic: a Material Culture of Microphysics* przywołuje głównie przykłady z zakresu fizyki cząstek elementarnych. Nie odnotowuje jednak tego, że w gruncie rzeczy współczesne badania z zakresu fizyki wysokich energii prowadzone są łącznie w ramach tych dwóch tradycji, gdyż np. w akceleratorze LHC²¹ (w CERN) używa się łącznie dwóch rodzajów detektorów: detektory śladowe (pokazują tor cząstki – tj. tradycja wizualna) i kalorymetry (wyznaczają energię cząstek – tj. tradycja numeryczna, czy elektroniczna). Eksperyment ten nie byłby konkluzyjny bez łącznego zastosowania detektorów śladowych i kalorymetrów.²²

Ponadto Galison nie analizuje należycie faktu, że zarówno tradycja wizualna, jak i tradycja numeryczna spotykają się we współczesnej praktyce eksperymentalnej w ramach jednego bardzo ważnego przyrządu wspomagającego, a niejednokrotnie w ogóle umożliwiającego prace badawcze, jakim jest komputer. Współcześnie stosowane w fizyce cząstek elementarnych detektory śladowe i kalorymetry nie mogłyby funkcjonować bez szybkiej akwizycji danych eksperymentalnych, którą umożliwiają systemy komputerowego wspomaganie badań doświadczalnych.²³

²¹ Wielki Zderzacz Hadronów (ang. *Large Hadron Collider*) jest największym na świecie akceleratorem, w którym zderzały się przeciwbieżne wiązki cząstek (przyspieszeniu poddawane były hadrony – protony i jony). Jego głównym celem było wykrycie bozonu Higgsa. Por. D. Lincoln, *Kwantowa granica. LHC – Wielki Zderzacz Hadronów*, Prószyński i S-ka, Warszawa 2010, 50–105.

²² Por. S. Leciejewski, *Cyfrowa rewolucja...*, op. cit., 107–121.

²³ Komputerowe wspomaganie badań doświadczalnych jest to „ogół metod i środków służących usprawnieniu, zgodnie z ogólnymi założeniami eksperymentu (naukowego, technicznego, medycznego itp.), procesów pobierania informacji o badanym obiekcie i jej przetwarzania za pomocą środków techniki komputerowej”. J. L. Kulikowski, *Komputery w badaniach doświadczalnych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1993, 8.

Podobne uwagi można poczynić odnośnie do wizualizacji i technik notowania analizowanych przez Rheinbergera w *Epistemologii historycznej*. Autor, co prawda sygnalizuje problem modelowania komputerowego i formułuje pytanie, czy tego rodzaju „trójwymiarowe modelowanie komputerowe ujmować należy jako kontynuację schematyzującej wizualizacji i idącego z nią w parze budowania modeli, czy też w przypadku trójwymiarowego modelowania struktur i procesów *in silico* mamy do czynienia z nową, jakościowo różną procedurą, która jako nowa, czwarta forma wizualizacji dawałaby kolejny typ do przedstawionej tutaj małej typologii”.²⁴ Jednakże na to pytanie – ważne z perspektywy współczesnej praktyki badawczej – nie udziela żadnej odpowiedzi.

Bezdiskusyjną zaletą omawianych rozważań zawartych w *Epistemologii historycznej* jest zwrócenie uwagi przez Rheinbergera na ważność procedur wizualizacji w dochodzeniu do wiedzy oraz akcentowanie ważności procedur akwizycji danych eksperymentalnych i opisu, na bieżąco, przebiegu prac laboratoryjnych, tj. przebiegu dochodzenia do wiedzy w ramach badawczej praktyki eksperymentalnej. Jednakże, autor nie dostrzega faktu, że wszystkie te procedury wykonywane są współcześnie, z bardzo dużą rozdzielczością, przez systemy komputerowego wspomaganie badań eksperymentalnych (niektóre badania nie byłyby możliwe bez tego rodzaju wspomaganie, np. odkrycie bozonu Higgsa²⁵).

Jeśli bowiem chce się prowadzić badania z zakresu epistemologii historycznej w stylu Rheinbergera, to – jak się wydaje – warto byłoby nie kończyć swoich rozważań w latach siedemdziesiątych XX wieku, ale w zaproponowanym przez autora aparacie pojęciowym próbować analizować praktykę badawczą do czasów współczesnych. Jednakże w pracy laboratoryjnej, a także w szeroko rozumianych badaniach eksperymentalnych, w latach osiemdziesiątych XX wieku nastąpiła radykalna zmiana. Następujący wtedy rozwój komputerów, oprogramowania i urządzeń peryferyjnych spowodował zastosowanie tych urządzeń w niemalże wszystkich obszarach ludzkiej działalności. Jednym z bardzo ważnych ich zastosowań stało się także wspomaganie prac badawczych w naukach empirycznych.

W latach osiemdziesiątych XX wieku wspomaganie komputerowe badań eksperymentalnych stało się standardem podczas prac badawczych prowadzonych w większości dobrych laboratoriów naukowych. Niestety nie znajduje to odzwierciedlenia w profesjonalnej literaturze przedmiotu z zakresu filozofii nauki, czego przykładem jest również *Epistemologia historyczna* Rheinbergera. Można bowiem wykazać, że zastosowanie komputera w sposób rewolucyjny zmieniło praktykę eksperymentalną.²⁶ Współcześnie bowiem możemy mówić o komputerowym stylu badań naukowych, a tego typu

²⁴ H. J. Rheinberger, *Epistemologia historyczna*, op. cit., 258.

²⁵ Por. S. Leciejewski, *Cyfrowa rewolucja...*, op. cit., 107–115.

²⁶ Ibidem, 122–136.

praca badawcza jest jakościowo inna od wcześniejszej, nieskomputeryzowanej, analogowej pracy eksperymentalnej, którą opisuje Rheinberger w swojej książce. Komputer nie jest tylko urządzeniem przyspieszającym obliczenia, choć od lat czterdziestych XX wieku był głównie używany do tego celu.

Komputery stosowane do różnorodnych obliczeń przyspieszały pracę naukowców, na co zwraca także uwagę autor *Epistemologii historycznej* we fragmencie poświęconym technikom notowania i liczenia. Komputery zmieniły nie tylko obliczenia, ale również prace eksperymentalne. Fakt ten niestety nie został należycie odnotowany przez Rheinbergera. Również nowy eksperymentalizm, jako kierunek zaproponowany po to, aby dokonać adekwatnego opisu praktyki laboratoryjnej, pomija rolę komputera w badaniach eksperymentalnych, co jest – moim zdaniem – największym przeoczeniem filozofów nauki będących jego twórcami.²⁷

Gdy próbuje się analizować problem wizualizacji i techniki notowania we współczesnych naukach przyrodniczych, ustalenia Rheinbergera będą niewystarczające. Współczesne badania eksperymentalne są bowiem w większości prowadzone z użyciem komputerowego wspomaganie. Tym samym również niemalże wszystkie wizualizacje i akwizycje danych (cyfrowe „notatki”) są prowadzone z udziałem odpowiednio oprogramowanych systemów komputerowych. Jednym z ważniejszych zastosowań komputera w naukach eksperymentalnych są właśnie wizualizacje danych empirycznych i otrzymanych wyników analiz numerycznych.²⁸ Tego typu wizualizacje mogą być częścią komputerowych metod poszerzania możliwości poznawczych naukowców. Najczęściej w tym kontekście wspomina się o symulacjach komputerowych, w ramach których reprezentacja graficzna umożliwia wirtualny ogląd obiektów epistemicznych, które w inny sposób pozostają niewidzialne (np. linie sił pól fizycznych, pojedyncze promienie świetlne, rozkłady gęstości chmury elektronowej itp.).²⁹ Jest to bardzo ważny aspekt pracy naukowej wspomaganiej symulacjami komputerowymi, zwłaszcza we współczesnej chemii.³⁰

Natomiast w pracy eksperymentalnej wspomaganiej komputerowo notowanie ma współcześnie niewiele wspólnego z „ekonomią kartek” Rheinbergera. Eksperymenty przeprowadzane od lat osiemdziesiątych XX wieku są bowiem skomputeryzowane w tym sensie, że to właśnie komputery wraz ze stosownym oprogramowaniem i oprzyrządowaniem odpowiedzialne są za pobieranie danych z urządzeń pomiarowych, gromadzenie danych empirycznych (tworzenie cyfrowych baz danych empirycznych) oraz porównywa-

²⁷ Ibidem, 24–30, 94–107.

²⁸ Ibidem, 39.

²⁹ Ibidem, 77–85.

³⁰ Wizualizacje komputerowe jako elementy ułatwiające myślenie, komunikowanie się i wspólne rozwiązywanie problemów badawczych zostały szczegółowo przedstawione w obszernej monografii: H. Rheingold, *Narzędzia ułatwiające myślenie. Historia i przyszłość metod poszerzania możliwości umysłu*, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2003.

nie danych empirycznych z danymi teoretycznymi. We współczesnej pracy badawczej nie może być mowy o kartkach, gdyż tego typu eksperymenty „produkują” tyle danych empirycznych, że nie dałoby się ich zmieścić na wszystkich dostępnych na świecie kartkach (np. tylko jeden eksperyment LHC w CERN „wyprodukował” 30 PB danych empirycznych, tzn. około 18 300 miliardów kartek standardowego maszynopisu).³¹ Także nie przy pomocy kartek, a przy pomocy komputerów projektuje się i optymalizuje nowe, wspomagane komputerowo zestawy eksperymentalne; współczesne układy eksperymentalne są tak skomplikowane, że bez użycia komputerów nie można ich zaprojektować, wybudować, uruchomić i używać.³²

Rheinberger opowiada się za tym, aby „metodycznie zdefiniować historię nauki jako formę *epistemologii historycznej*, a merytorycznie jako analizę *kultur epistemologicznych*”.³³ W pojęciu epistemologii zawiera

refleksję o historycznych warunkach, w *jakich*, i *środkach*, *dzięki* którym rzeczy stają się obiektami wiedzy, inicjującymi i utrzymującymi proces zdobywania wiedzy naukowej. [...] Pytanie nie brzmi już, w jaki sposób podmiot poznający może zobaczyć swe niezniekształcone przedmioty, chodzi raczej o warunki, które zostały lub muszą zostać stworzone, żeby przedmioty, zawsze w określonych okolicznościach, stały się przedmiotami wiedzy empirycznej.³⁴

Jeśli jednak, jak to czyni autor *Epistemologii historycznej*, analizy zawęźą się tylko do jednej nauki (biologii molekularnej) i w swoich analizach zatrzymuje się w latach siedemdziesiątych XX wieku, nie jest się w stanie dostrzec historycznych warunków, w *jakich* na przełomie XX i XXI wieku rzeczy stają się obiektami wiedzy. Rheinberger nie widzi także środków, dzięki którym w tym okresie proces zdobywania wiedzy naukowej może być z powodzeniem kontynuowany. W latach osiemdziesiątych bowiem zaczął kształtować się komputerowy styl badań naukowych a komputery umożliwiły prowadzenie dalszych, skomplikowanych badań eksperymentalnych.³⁵ Taka radykalna zmiana sposobu pracy większości naukowców, którzy do niemalże wszystkich wykonywanych przez siebie procedur badawczych używają wspomaganie komputerowego, wydaje się być zmianą rewolucyjną.³⁶

Tak więc warunkami, które muszą współcześnie zostać stworzone, aby przedmioty stały się przedmiotami wiedzy empirycznej jest użycie przez wspólnoty uczonych systemów komputerowego wspomaganie badań doświadczalnych. Dominujący we współczesnych badaniach eksperymentalnych styl komputerowy jest konsekwencją zmiany rewolucyjnej, jaka doko-

³¹ Por. S. Leciejewski, *Cyfrowa rewolucja...*, op. cit., 107–115.

³² Ibidem, 36–61.

³³ H. J. Rheinberger, *Epistemologia historyczna*, op. cit., 23.

³⁴ Ibidem, 29.

³⁵ Por. S. Leciejewski, *Cyfrowa rewolucja...*, op. cit., s. 115–121, 107–115.

³⁶ Por. Ibidem, s. 122–136.

nała się za sprawą komputerów w tychże badaniach. Niestety trudno jest zauważyć tę zmianę, jeśli pomija się w analizach epistemologicznych ostatnie 35 lat badań naukowych. Warto nadmienić, że aktualnie w przeciągu każdych 2 dni ludzkość „wytwarza” więcej danych niż zostało „wyprodukowanych” przez całą historię ludzkości aż do 2003 roku (spora część tych nowych danych, to dane „produkowane” przez naukowców),³⁷ zatem szybkość zmian zachodzących także w praktyce badań naukowych jest ogromna. Rheinberger zauważa co prawda fakt zmienności nauki,³⁸ ale rewolucji związanej z jej ucyfrowieniem jakby nie widział, a tym samym jej nie analizuje. Wydaje mi się, że dostrzeżenie radykalnych przemian w nauce związanych z ich komputeryzacją jest kluczem do właściwego zrozumienia problemów wizualizacji i technik notowania, którym Rheinberger poświęca sporo miejsca w swojej *Epistemologii historycznej*. Jednakże ustalenia, do których dochodzi są już mocno historyczne (w znaczeniu raczej pejoratywnym – przestarzałe), gdyż nie uwzględniają najnowszej praktyki badawczej prowadzonej w ramach komputerowego stylu badań naukowych.

**VISUALIZATION AND RECORDING TECHNIQUES
IN NATURAL SCIENCES
IN HANS-JÖRG RHEINBERGER VIEW**

ABSTRACT

In my comment to fragments of *Historical Epistemology*, devoted to the problem of visualization and recording techniques in natural sciences, I refer to Peter Galison's theses presented in his book *Image and Logic: a Material Culture of Microphysics* in order to analyse critically Hans-Jörg Rheinberger's claims in the context of modern experimental practice engaging computers. I answer for the question whether the theses included in the *Historical Epistemology* concerning visualization and recording are acceptable when they are confronted with the computer style of scientific research prevailing in experimental research since the 80-ties of the 20th century.

Keywords: historical epistemology, visualization, style of scientific research.

O AUTORZE – dr hab., afiliacja: Instytut Filozofii Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Szamarzewskiego 89c, 60-568 Poznań, Polska

Email: slaaw@amu.edu.pl

³⁷ Por. E. Bendyk, *Początek epoki Big Data*, <http://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/nauka/1531607,1,poczatek-epoki-big-data.read> (dostęp: 30.01.2016).

³⁸ „Jeśli można by się tu dopatrzeć jakiejś ciągłości, to ciągłości zmian i przełomów, którym ulegały nauki XX wieku”. H. J. Rheinberger, *Epistemologia historyczna*, op. cit., 119.