



LUND UNIVERSITY

Daedalus flykt

Dunér, David

Published in:

Polhem: tidskrift för teknikhistoria

2005

Document Version:

Förlagets slutgiltiga version

[Link to publication](#)

Citation for published version (APA):

Dunér, D. (2005). Daedalus flykt. *Polhem: tidskrift för teknikhistoria*, 2005(2), 100-118.

Total number of authors:

1

General rights

Unless other specific re-use rights are stated the following general rights apply:

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

Read more about Creative commons licenses: <https://creativecommons.org/licenses/>

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

LUND UNIVERSITY

PO Box 117
221 00 Lund
+46 46-222 00 00

David Dunér

Daedalus flykt

Den nordlige Daedalus färdas genom historien. Det är inte om *Polhem* som det här ska handla om, det vill säga årsboken i teknikhistoria, inte heller om *Daedalus*, Tekniska museets årsbok, utan om den som frikostigt lånat ut sitt namn, alltså Polhem, Christopher Polhem (1661–1751), uppfinnaren, teknikern, mekanikern, tänkaren, naturfilosofen, patrioten, industrimannen, dietisten, pedagogen etc. etc. Polhem, en man som inte sällan hyllas som vår främste tekniker genom tiderna och en gång kallad den hyperboreiske Daedalus. Närmare bestämt ska jag göra några nedslag i bilden av Polhem genom historien, om det som har skrivits om honom och den alltjämt förvånansvärt blygsamma forskningen om honom.

Polhem enligt honom själv

Först en kort introduktion till Polhem. Det vi vet om Polhems liv härrör från hans egna självbiografiska utkast, brev, eller vad man kan utläsa ur hans skrifter, förutom protokoll och andra handlingar. Självbiografierna, eller kanske rättare sagt levernesbeskrivningarna, kan betraktas som en sorts CV, curriculum vitae, meritförteckningar att bearbeta sin omgivning och eftervärld med. Hans egen berättelse och sin syn på sig själv lyser mycket riktigt igenom i de framställningar som gjorts av hans liv. Den självbiografiske författaren slår ofta själv an tonen i de efterföljande beskrivningarna. Vill man få ett vackert eftermäle, ska man börja med det själv. Sensmoralen är alltså: Om du vill bli firad i historien, börja med att fira dig själv. Det är alltså ett exempel på hur en persons egen självbild påverkar historien eller rättare sagt hans eftermäle. Polhems egen självbild, som den stackars faderlöse som fick hanka sig fram, men med flit i studier och arbete, och därtill med ett stort mått av genial teknikbegåvning lyckades komma fram i livet, trots alla fiender som ville honom det värsta, som inte betalade honom tillräckligt eller som på alla upptänkliga sätt försökte motarbeta honom. Hans eget dygdeexempel påminner om det Carl von Linné ger om sig själv. Även stora män kan komma från en fattig koja, ”ur stubbotan rot”. Den bilden lever vidare i den efterföljande litteraturen om honom.

Han skrev själv ett par kortare självbiografier, där han beskriver sitt livs

bedrifter.¹ Det är ganska uppenbart att syftet inte främst var att framlägga den orubbliga, nakna sanningen, utan det att påverka sitt eftermäle. Som ledamot av Kungl. Vetenskapsakademien visste han att ett minnestal skulle hållas över honom. Polhem själv var i högsta grad medveten om sin genialitet. Det skulle dröja flera århundraden innan min like åter stod att finna, hävdade han. Han är ett unikum, en människa utan motstycke. Men vad skriver han i sin självbiografi? Grundkonceptet är att han beskriver sina unga års hårda strävanden för bildning och mekanik. Hur han strävade efter att få studera, hur han kämpade med latinet, slet med urmakeri och andra arbeten, i motvind och uppförsbacke.

På sätt och vis kan man se hans liv som lite av en klassisk framgångshistoria. Det är också det livsöde som har lockat många. Förutsättningarna var nämligen inte de bästa för en framgångsrik teknisk karriär. Han föddes under relativt enkla förhållanden på Gotland 1661. Vid unga år blev han faderlös. Modern gifte om sig med en girig byggmästare som inte ville bekosta sin styvsons skolgång. I stället tog en farbror i Stockholm sig an honom och satte honom i Tyska skolan. Men efter två år dog även farbrodern.

Utkastad och ensam i världen tvingades han att på egen hand hanka sig fram som lilldräng, senare som inspektör, på olika gårdar i Uppland och Södermanland. Han snickrade, svarvade, tillverkade och reparerade redskap, gjorde klockor och stekvändare. Samtidigt drömde han om att få studera. Lusten till mekaniska studier var så stor att jag knappt kunde sova om nätterna, skrev han. Latinlektioner lyckades han kunna byta sig till av en präst mot att tillverka ett väggur. Men för att kunna utveckla sitt tekniska kunskande insåg han att han behövde teoretiska universitetsstudier. En kyrkoherde såg Polhems begåvning och lyckades få honom inskriven vid Uppsala universitet 1687. Där studerade han flitigt och sällan sov han mer än tre timmar per natt, eller som han själv uttryckte det "att hjärnan af ingenting blir mera skämd och till sin tjänst odugelig än för mycket sofva".² Men framför allt fick han ett antal tekniska uppgifter, av bland annat professorn Olof Rudbeck d.ä., som att reparera Uppsala domkyrkas astronomiska ur som stått stilla en längre tid. Hans studiekamrater retade honom emellertid för "professorns smed". Polhem lyckades med det som andra inte klarat. Klockan gick igång och han inledde på allvar sin tekniska karriär och berömmelse. Han fick i uppdrag att konstruera en ny gruvmaskin, som han visade upp för Karl XI. Därtill tilldelades han ett stipendium för en utlandsresa. Hans färdkamrat Samuel Buschenfelt skrev en diger reseberättelse, men Polhem själv skrev endast pliktskyldigt en kortfattad reserapport.



FIGUR I. Polhems blankstötmaskin blev mycket omtalad. Polhem lät själv göra ett kopparstick under sin vistelse i Amsterdam, efter en förlaga av sin medresenär Samuel Buschensfelt. Den kom senare att publiceras i ett antal publikationer, som i Olof Naucers Delinatio magnæ fodinæ Cuprimontanæ (1702), Swedenborgs redigerade Dædalus Hyperboreus (1716), Franz Ernst Brückmann, Magnalia Dei (1727), och Swedenborgs De cupro (1734).

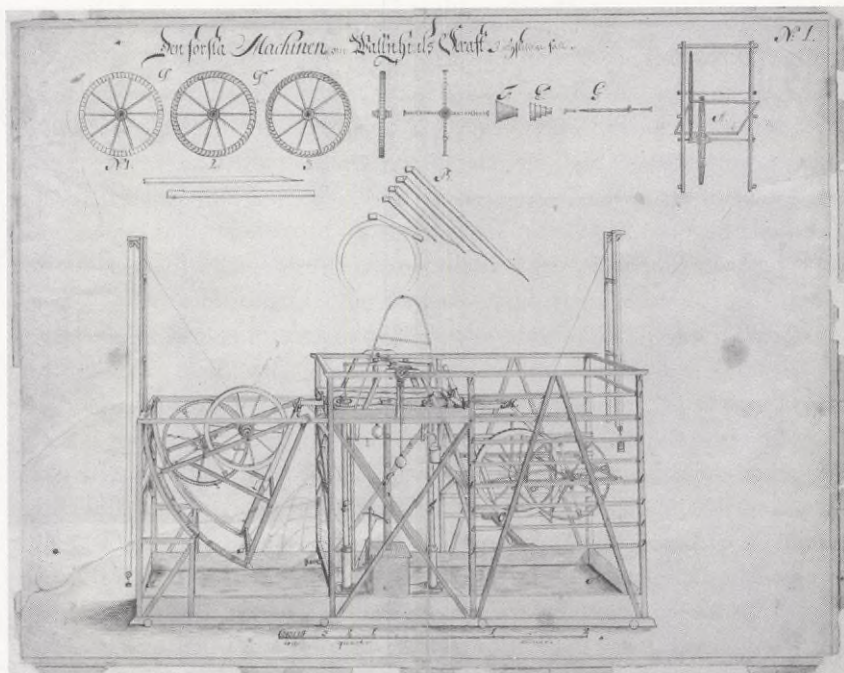
Många av Polhems mest kända maskinkonstruktioner kom till i samband med hans verksamhet vid Stora Kopparbergs gruva i Falun (figur 1). Där var han under en tid ansvarig för gruvmekaniken. Bland annat fick han i uppdrag att konstruera ett uppfodringsverk, alltså en maskin som hissade upp malm ur gruvorna. Vanligtvis använde man sig av en hästdriven hissanordning som drog upp malmen i korgar eller lädersäckar. Polhem konstruerade en ny sorts maskin som i stället drevs av vattenkraft och undvek den gamla maskinens svaga länk – hisslinorna. I stället för hisslinor lät han malmtunnorna ”klättra” upp ur gruvschaktet med hjälp av ett ”hakspel” där två hakförsedda stänger med upp- och nedåtgående rörelse lyfte tunnan från ett par hakar till nästa. Uppe på landbacken transporterades malmen vidare till smältugnen där tunnorna tömdes för att sedan återvända ner i gruvan. Det blev i

stort sett en automatisk maskin där endast ilastningen av malmen gjordes manuellt. År 1693 hade man uppfört detta uppfodringsverk vid schaktet Blankstöten. Men vid samma tid fanns där också en konkurrerande maskin av traditionell typ. För att pröva vilken maskin som var effektivast utlyste man en "uppfodringsstävling" och efter ett par sommarveckor utsågs Polhems maskin till vinnare.

Emellertid drog han på sig klagomål. Man menade att han försummade sitt arbete vid Falu gruva. Han visade större intresse för sitt manufakturverk i Stjärnsund och sitt mekaniska laboratorium. Dessutom ställde sig gruvdrängar och gruvpigor avoga mot hans maskiner som gjorde dem arbetslösa. Till slut blev han i stort sett avskedad därifrån 1716. Men i gengäld utsågs han samma år till kommerseråd i Kommerskollegiet och adlades. Han bytte då sitt namn från Polhammar till Polhem. Under de följande åren fick han flera uppdrag av Karl XII. Under stormaktstidens sista år arbetade han med slussar vid Trollhättan och en skeppsdocka i Karlskrona. Även saltsjuderi vid Gullmarsfjorden försökte han sig på.

Parallellt med hans tekniska bedrifter finner man hans starkt nationalekonomiska och industriella intresse med ett kraftfullt patriotiskt anslag. År 1700 startade Polhem tillsammans med juristen Gabriel Stierncrona en mekanisk verkstad i vad som kom att få namnet Stjärnsund i södra Dalarna. En upprinnelse till detta manufakturverk var Polhems kritiska inställning till hur den svenska ekonomin sköttes. Sverige var en råvaruproducent som för låga priser exporterade järn, stål och koppar. I England och i andra länder tillverkades färdiga produkter av dessa råvaror som sedan importerades för dyra pengar tillbaka till Sverige. Inte underligt, grämde sig Polhem, att "utlänningen ansåg oss svenskar för dumhufvuden af värsta slaget, som dugde till intet annat än stöpa maten i munnen på deras handtverkare".³ En större vinst skulle kunna inbringas om Sverige själv förädlade sina produkter. I Stjärnsund satte han därför igång en storskalig produktion av olika köksredskap, som muggar, skålar och tallrikar av förtent järnplåt. Där tillverkades klockor, lås, riktskruvar till kanoner, jordbruksredskap och verktyg för snickare, plåtslagare, smeder och andra.

En annan av Polhems klassiska insatser var det "Laboratorium mechanicum" som han grundade 1697. Med det ville han utveckla mekaniken, både teoretiskt och praktiskt. Hans kanske mest kända experimentmaskin, som utvecklades inom ramen för laboratoriet, var en hydrodynamisk maskin från 1702 som prövade olika vattenhjulstyper och lutningar på fallrännorna (figur 2). En viktig beståndsdel i undervisningen var vidare hans "mekaniska alfa-



FIGUR 2. Experimentmaskinen för olika vattenhjulstyper. Det var ett ganska tidigt och ovanligt försök att pröva vetenskapliga, systematiska och geometriska metoder på tekniken. Men efter omkring 25 000 försök vilka inte ledde till något bestående resultat på grund av felaktigheter i konstruktionen, anförtrodde sig Polhem inför Göran Vallerius i november 1710: "In suma oss emellan sagt, ähr detta ahrbetet så nyttig som 5:te Juhlet i vagnen".⁴³

Göran Vallerius, "Kårt och ungefärlig relation..." (1705). Foto: KTH.

bet" som utgjordes av en mängd enkla, pedagogiska trämodeller som visade de grundläggande mekaniska lagarna. Modellerna representerade mekanikens enkla och odelbara element, helt enkelt byggstenarna i all ingenjörskonst. Det kunde handla om stålspjädern, kugghjulet, spärrehjulsmechanismen, vindspelet och andra mekaniska element som var och en motsvarade en "bokstav" i det mekaniska alfabetet.

Så här långt är det den konventionella bilden av Polhem som har traderats fram till i dag, från hans självbiografi, över vetenskapsakademiens minnestal till eminenta historiker som Sten Lindroth och andra. Men är det allt?

... och enligt andra

Mycket riktigt har Polhem blivit mest känd som tekniker och industripionjär, omtalad som ett tekniskt geni, en uppfinnarjocke, den svenska mekanikens fader, Nordens Arkimedes, den hyperboreiske Daedalus. Den bilden härrör från hans egen tid, och då menar jag inte främst från honom själv, utan från hans samtids naturvetenskapsmän, ekonomer och politiker. Sveriges första naturvetenskapliga sammanslutning, Collegium curiosorum, Det vetgiriga sällskapet som bildades kring årsskiftet 1710–1711 hade bland annat just utgivandet av Polhems naturfilosofiska och mekaniska manuskript högt på sin dagordning.⁴ I Collegium curiosorum, står det i ett minnestal över matematikprofessorn Johan Vallerius, ”upptogos till prövning filosofernas olika hypoteser och axiom, som världen hyllar såsom orakelspråk, ja själva grundvalarna i deras lära.” Och ”vår Dædalus Hyperboreus”, Christopher Polhem, genomströvade naturens ogenomträngliga labyrinter. Allt detta ”fördes liksom med Ariadnes tråd efter vissa spår och mot vissa mål.”⁵

Den unge Emanuel Swedberg, Polhems assistent under några år, senare känd som andeskådaren Swedenborg, startade år 1716 Sveriges första vetenskapliga tidskrift, *Dædalus Hyperboreus*, vari just flera av Polhems uppfinningar och naturvetenskapliga rön presenterades. I själva namnet finns just en hänsyftning till Polhem. Daidalos far genom luften, skrattar från ovan åt Minos labyrinter, far över havet, deklamerar Swedenborg i en introduktionsdikt till tidskriften.⁶ Det var mekaniken och Polhem, ”den svenska Dædalus”, som färdades till höjderna, men också en flykt från landets fiender. I *Dædalus Hyperboreus* fick tekniska innovationer stort utrymme, med artiklar om dån-tuber, om Swedenborgs maskin att flyga i vädret och Polhems konstige tapp som hindrar pigor och drängar att förse sig med vin och öl utan matmoderns tillstånd. I andra numret finns även en beskrivning av Polhems uppfordringskonst vid Blankstöten.⁷

Polhem blev en levande symbol för det tekniska geniet. I honom såg man nationens ekonomiska räddning, om man bara tog vara på tekniken och den industriella nyttan. Ett exempel bland många, där Polhem får symbolisera teknisk genialitet är ett tal anatomiprofessorn Lars Roberg höll i Vetenskapsakademien 1739. Roberg liknar människan vid en pneumatisk-hydraulisk maskin:

Hjärtat i sanning, är et sällsamt Pumpverk, som Salomo det kallar; et blodets jemt och samt rörigt Opfodrings-Verk, och gående som dunkar och slår, natt och dag, ifrån det ögnablecket fostret qvicknar i moderlifvet, til

30, 50, 70 år, och altså mycket flinkare och färdigare och framhärdigare, än hvarken Pålhamars Opfodrings-Verk vid Falu grufva, eller Herr Triwalds eld-Machine, vid Dannemora.⁸

Onekligen var Polhem uppskattad, även om hans pekuniära gnidighet och stridbarhet var omvittnade. Swedenborg som i ungdomen djupt beundrade sin mästare avslöjar i sina andliga uppteckningar Polhems "sanna" natur och det öde som drabbade honom efter döden. I Swedenborgs andevärld blev Polhem ett exempel på den gudsförnekande mekanismens villfarelser. När Polhem begravdes 1751 gick Swedenborg med i begravningsföljet. Han berättade att Polhem själv hade gått bredvid honom och frågat vad som stod på. Det är din egen begravning, svarade Swedenborg. Felet med Polhem var helt enkelt att han bara kunde tänka på det materiella, intresserade sig endast för mekanik och fysik, och var oförstående inför det andliga, det som är oberoende tid, rum och människor. Swedenborg såg honom sitta i andevärlden och konstruera mekaniska fåglar, möss, katter och spädbarn, och när han uppfann ett sätt att kommunicera med de onda andarna, kastades han ner till helvetets mörkaste regioner och berövades sin uppfinnarförmåga.⁹

Polhem var uppbumen under sin tid, beundrad och efterfrågad, och ibland belönad. Förärades bland annat Nordstjärneorden. Hans dödsfall den 30 augusti 1751 annonserades i pressen. Matematikern Samuel Klingenstierna höll ett hedrande åminnelsetal över Polhem i Vetenskapsakademien. Klingenstiernas minnesskrift, som blev tongivande för alla Polhembiografier under 1800-talet, byggde just på Polhems självbiografi. Under de närmaste åren sammanfattades hans gärning som uppfinnare och tekniker. Carl Hindrich König beskrev Polhems maskiner i text och vackra gravyrer i *Inledning til mecaniken* (1752), och sonen Gabriel gav ut Polhems *Patriotiska testamente* (1761).¹⁰

Polhem för ungdom och allmoge

Polhem kom att bli själva sinnebild för ingenjören, den geniale teknikern som arbetar för en rikare och bättre framtid, för Sveriges välstånd och dess folks, med maskiner som lättade allmogens mödosamma bördor. Denna vad man skulle kunna kalla för romantiska bild av ingenjören, den nationalromantiska sagan om uppfinnaren Polhem, griper tag om varje Polhemskildring från slutet av 1700-talet fram till våra dagar. 1800-talet blir lite av Polhemromantikens högerperiod.

I *Minnen öfver namnkunniga svenska män* (1818) skildrar Carl Gustaf Nor-din med djup beundran Polhems ”utmärkta gåfva att intränga i Mekanikens djupa Kedjeledningar”.¹¹ Polhem var en ljusets riddare, som med den var-maste kärlek för fäderneslandet, kämpade för oss mot mörkrets makter: ”Icke en gång det mörker, som omgifver vissa föreställningar, hvilka snart kunde tagas för inbillningens blotta foster, vägrade hans snille att genomtränga.”¹² Polhem är en förebild för evärdliga tider: ”Lycklige Polhem! ditt stoft hvilat inom en Borg af så stora dygder och förtjenster, att ingen dag kommer, då vördnaden för ditt namn och din ära kan försvagas eller förgås”.¹³ Denna moraliska förebild Polhem förkroppsligar är inte minst märkbar i den bio-grafi som publicerades 1834 i *Läsning för folket*.¹⁴ Tidskriftens biografier är just en sorts moraliteter, där flit, fromhet och nykterhet basuneras ut. Polhem blir ett utmärkt exempel att följa för ”de arbetande klasserna, och i synnerhet all-mogen”, det vill säga målgruppen för ”Sällskapet till nyttiga kunskapers spridande” och dess tidskrift *Läsning för folket*.¹⁵

Den levnadshistoria som Polhem själv framförde i sin biografi bär på själ-va grundingsrediensen till moraliteten. Hans fattiga och olyckliga ungdom, där strävsamhet, flit och begåvning gav belöning, var ett tacksamt motiv i uppbyggliga böcker för ungdom och allmoge. Till exempel J. F. Lundblad skriver i sin *Svensk Plutark för ungdom* (1837), att

Denne man, Sveriges störste Mekanikus och en af de störste män i sin veten-skap något land frambragt, är ett bland de mest talande bevis, ej allenast på snilletts förmåga, utan äfven på flitens och den allvarliga viljans makt, att besegra de svårigheter, omständigheterna och ett oblidt öde lägga i vägen för människans utveckling och förkofran.¹⁶

En förteckning på denna romantiska-moraliska Polhemtradition kan göras lång. Historikern Ellen Fries, den första kvinnan i Sverige som disputerade för doktorsgraden, avslutar sin levnadsteckning över Polhem i *Den svenska odlingens stormän* II (1899) med de högstämda orden:

så länge malmen brytes i våra grufvor och vattnet brusar i våra älfvar, sko-la vi vörda den svensk, som vida bättre än någon af sina föregångare förstod att uppskatta och begagna den rikedom och den kraft, som de gömma, och hvars hela lif var ägnadt till fäderneslandets förkofran.¹⁷

Polhem var ett namn att lyfta fram ur det förflutna, för att symbolisera hop-pet om en bättre framtid genom teknisk utveckling och industrialisering. Då Teknologföreningens 50-årsjubileum 1911 sammanföll under lyckliga omstän-

digheter med 250-årsminnet av Polhems födelse, fick biblioteksmannen Samuel E. Bring uppdraget att redigera en stort anlagd minnesskrift. Ordförande för jubileet, direktören vid Kungl. Vattenfallsstyrelsen Vilhelm Hansen, deklamerade i förordet den stolta föresatsen:

att denna minnesskrift måtte spridas ut över Sveriges rike, samt, i minnet återkallande Christopher Polhems vidtfamnande uppfinnaresnille, outtröttliga energi och varma fosterlandskärlek, verka väckande och eggande äfven på det släkte, som ett fjärdedels årtusende efter honom bygger och bor i det land, hvars ära och framgång han städse satte som främsta målet för sina sträfvanen.¹⁸

Teknologföreningen samlade även in pengar för en plakett med ett Polhemsporträtt som sattes upp i den kyrka där Polhem hade blivit begravnen, Maria kyrka i Stockholm.¹⁹ Samma år avtäcktes också en kolossalbyst av Polhem, utförd av Johan Theodor Lundberg, i Polhems födelsestad Visby.

En kritisk syn, som är sällsynt i sammanhanget, på det som Polhem stod för, uttryckte Selma Lagerlöf i dikten "Slätterkarlarna på Ekolsund", publicerad i samlingen *Troll och människor I* (1915). Det är teknikens omänsklig het, uppfinningarna som leder till arbetslöshet och fattigdom för det arbetande folket, som upprör lärarinnan och nobelpristagerskan. "Den store Polhem satt en vinter på Stjärnsund", inleder Lagerlöf.²⁰ In i hans verkstad träder förvaltaren på Mälargodset Ekolsund och finner en förskinnsklädd man som förvaltaren tar för att vara en enkel smed. Han beställer emellertid ett antal mekaniska drängar, som en sorts robotar av "kärnfrisk furustam" som kunde slå godsets ängsmarker och som till skillnad från vanliga drängar varken begärde bröd, lön eller vila. En morgon efter midsommar kommer tolv slätterkarlar marscherande, "grovlemmad, himlahög, gravdyster, lievåpnad".²¹ De nya drängarna går taktfast över fälten och mejar ner allt som kommer i deras väg. Det hela går om styr. Förvaltaren får inte stopp på dem, och skräckslagen tvingas han ut i sjön och är nära att bli offer för slätterkarlarnas vassa lieeggar, då plötsligt Polhem i sista stund ropar: "Stå!" Det är en diktad historia, men den är faktiskt inte så fullständigt utan verklighetsanknytning som man först kan tro. Polhem hade verkligen blivit betraktad med misstro av gruvarbetare som på grund av hans innovationer befarade att bli arbetslösa. Ett känt exempel finns från Hällestads bergslag i Östergötland. Moralen i Lagerlöfs tappning kan sägas bli den att förvaltarens omänskliga vinningslystnad – även Polhem som verkställer denna beställning är medskyldig – leder till den oundvikliga katastrofen. Även teknikern har ett ansvar.

Kring Polhem rör det sig många berättelser och myter. En som inte sällan återberättas är historien om Polhems dotter Emerentia och Emanuel Swedenborg. Elsbeth Funch skriver i sina minnen från Stjärnsund i *Jag vet ett land...* (1924), att hon hade hört denna historia och andra vid brasan och "vid min mors rockaftnar."²² Sagan går tillbaka till en obekräftad och kanske inte helt tillförlitlig berättelse som gör gällande att Swedenborg hade fattat "et oryggeligt tycke" för Polhems yngsta dotter, Emerentia, då endast 13–14 år. Ett kontrakt skrevs mellan Polhem och Swedenborg som utlovade att hon i framtiden skulle bli hans. Men Emerentia "frättes så af en daglig sorg däröfwer", att hennes bror Gabriel fattade medlidande och stal kontraktet från Swedenborg, "Hwilken ej hade någon annan tilfredsställelse i sin amour än dettas dageliga genomläsande". Swedenborg såg så hennes sorg och avstod sin rätt, och "tog afsked ifrån huset med en dyr ed, at aldrig mera tänka på något fruntimer, mindre ingå någon förbindelse, hwarpå han började sina utländska resor."²³ Den första eden kunde han definitivt inte hålla, men bättre lyckades han med den andra, i alla fall i jordelivet. Funch ger i sin version en känslös avslutning: "Två sekler ha gått sedan Polhem, Swedenborg och Emerentia levde, verkade och älskade på Stjernsund. Och så stora personligheter voro de, så stark deras vitalitet, så intensiva deras känslor, att något av deras ande ännu vibrerar över det gamla bruket uppe i de stora skogarna."²⁴ En annan sägen om dottern Emerentia handlar om hur hon vid byggandet av herrgården i Stjärnsund skulle ha fallit från en byggnadsställning, vilket tvingade henne därefter att använda kryckor. De förvarades sedan på vinden, och sägs det, skulle leda till olycka om någon vågade flytta på dem. Vidare berättas det om en sten, en kilometer ut i sjön Grycken vid Stjärnsund, var-till Polhem lär han simmat på somrarna.²⁵

Inte bara män och kvinnor ska charmas av den geniale, store uppfinnaren, utan kanske framför allt framtidens ingenjörer, ungdomen. De behöver någon att se upp till, en hjälte av inte nödvändigtvis krigisk eller sexuell natur, utan i stället utrustad med linjal och passare, flit och teknisk begåvning. "Giv den nya, unga generationen **sanna hjältar att följa!**", står det på baksidan till *Sin egen lyckas smed* (1945), en romantiserad berättelse om Polhem av Ulf Tengbom i ungdomsserien "Bragd och hjältedåd". Polhems öde, från den mödosamma ungdomen till den av honom själv hopsmidada framgångens lycka, säger oss något om storheten hos en människa:

Och storheten visar sig just däri, att man aldrig ger tappt utan att man med seghet och styrka slår sig vidare fram mot segern. Och segern? Ja, segern vin-

ner man, om man orubbligt tror på det man kämpar för och om man tror på Honom, som leder våra steg från vaggan och till graven.²⁶

Boken avslutas med storslagna ord i fosterländska brösttoner. Polhems ”namn står för alltid inristat i vårt lands ärorika historia, och med stolthet kan Sveriges ungdom se upp till den hädangångne stormannen: Kristoffer Polhem, Nordens Archimedes.”²⁷

År 1950 firade man 250-årsminnet av manufakturverkets grundande i Stjärnsund. Under tre veckor firade man i Stjärnsund med fest och glam den store mekanikern. Den 19 juni hade ett krönikespel premiär, författat av Stjärnsundslottan Elin Qvarnström. I det romantiska skådespelet om Polhems liv och verksamhet på bruket, gestaltas den geniale, drivande, med nationellt patos verksamme industripionjären. Pjäsen avslutas med att Polhem bedrövad av sorgen efter sin hustru Maria lämnar Stjärnsund och brister ut i de storslagna orden: ”Gud give lycka och välsignelse åt alla dem, som komma att leva och verka i Stjärnsund och Gud hägne vårt kära Sverige och låte det vara och förbli ett fritt och lyckligt land så länge världen står!”²⁸ Enligt ett reportage i *Svenska Dagbladet* den 20 juni 1950, kunde de hågade jubileumsbesökarna också studera Polhemsminnen och hemslöjdsalster, samt inmundiga kakor, smörgåsar och tårta. Detta kunde nedsväljas medelst det ännu fem år efter krigsslutet exklusiva ”äkta” kaffet.²⁹ I programbladet för *Polhemsjubiléet i Husby 1950* hade lokala entreprenörer sponsrat jubileet genom att insätta annonser anspelade på Polhem (figur 3). Allt kan säljas i Polhems namn. Långshyttans Biografteater annonserar: ”Christopher Polhem hade ej förmånen få se god film. Men det har Husbyborna av idag på Långshyttans Biografteater – de goda filmernas bio”.³⁰ Eller varför inte låta sig moderiktigt friseras:

Även på Polhems tid visste kvinna som man att håret är människans största prydnad. Vår tid och Husbybor i synnerhet har samma åsikt och överlåter därför hårvården åt Folke Jakobssons Frisérsalonger Långshyttan. Tel. 60122.³¹

Polhem är för ungdomen det tekniska geniet, ett uppbyggligt, moraliskt exempel på hur det kan gå för den som med flit och beslutsamhet riktar sin håg till nationens och framtidens fromma. I dag finns det mycket riktigt Polhemsskolor och -gymnasier i Gävle, Göteborg, Lund, Trollhättan och Visby. Därtill ett Polhemslaboratorium i en stad där han själv aldrig hade satt sin fot, Luleå. Polhem har hamnat på frimärken, och som den, som har haft lyck-

Christopher Polhem

hade ej förmånen få se god film.
Men det har Husbyborna av idag
på

Långshyttans Biografteater

– de goda filmernas bio

Även på Polhems tid

visste kvinna som man att håret är människans största prydnad.

Vår tid och Husbybor i synnerhet har samma åsikt och överlåter därför hårvården åt

Folke Jakobssons Frisérsalonger

Långshyttan. Tel. 60122.

KRISTIDEN ÄR SLUT

Sortimentbegränsningen upphävd. Nu kunna vi åter tillverka varor efter kundernas smak, t. ex.

Kasselerökt Fläskkotlett, Hamburgerbringa, Medisterkore, Aladaube, Pressad kokt fläsklägg m. m.

Beställningar mottagas tacksamt

HELLBERGS LIVSMEDEL

Långshyttan. Tel. 60042.

FIGUR 3. *Gå på bio! Klipp håret i Långshyttan! Polhemreklam i Polhemsjubiléet i Husby 1950.*

an att hålla en 500-lapp i sin hand, säkert har upptäckt finns han även där med kuggjul, matematiska beräkningar och uppfordringsverk. Och så finns det en årsbok, vars moraliska koppling till Polhem jag inte känner.

... och för ingenjörer och teknikhistoriker

Och nu till väsentligheterna, Polhemsforskningen. Men det lutar åt att bli en antiklimax. Så mycket forskning om Polhem, som man kanske skulle vänta, har faktiskt inte bedrivits. Inte en enda grundlig biografi har skrivits om honom, och i övrigt finner man endast en djuplodande monografi, och det

var av idé- och lärdomshistorikern Sten Lindroth för drygt 50 år sedan, jubileumsåret 1951.

Visserligen har en del kortare, översiktliga biografier över Polhem skrivits genom åren, såsom av Samuel E. Bring (1911) – vilken fortfarande kan sägas vara den viktigaste – vidare av Holger Rosman (1911) inför 250 årsjubileet av hans födelse, senare också olika småskrifter, av P. Gunnar Andersson (1964) bland hans populära biografiska porträtt med den talande titeln *Svenska snillen*, av Lindroth i hans lärdomshistoria (1975), omtryckt i en utställningskatalog av Per Sörbom och Michael Lindgren för en utställning om Polhem 1985, en annan liten biografi för skolbruk av Sigvard Strand (1985), samt slutligen av Kerstin Westerlund (2000).³² Till det biografiska hör också de i några få fall behandlade omständigheterna kring hans gotländska ursprung och hans resa till England.³³

Man kan inte skylla på en avsaknad av vetenskapliga utgåvor av hans kvarlätnskap. Här har vi nämligen en hjältebragd av sitt slag, Lärdomshistoriska samfundets utgåva i fyra band av *Christopher Polhems efterlämnade skrifter* (1947–1954), samt *Christopher Polhems brev* (1941–1946), redigerade av en samling prominenta historiker, under ledning av Johan Nordström, såsom Axel Liljencrantz, Henrik Sandblad, Gösta Lindeberg och Bengt Löw. Utgåvorna innefattar inte på långt när alla de drygt 20 000 bevarade manuskriptsidorna av Polhems hand, men de kan sägas innehålla det viktigaste och det mesta som behövs för att få en bild av Polhem i sin helhet, i all sin mångsidighet. Det som saknas är i synnerhet Polhems alla matematiska manuskript och skrifter i mått och vikt. Tyvärr har detta enorma arbete fått föga genomslag för Polhemsforskningen som det skulle ha förtjänat. De fem volymerna ligger ännu på många sätt helt oanvända.

Den forskning som finns om Polhem sönderfaller främst i två delområden: uppfinnaren och industripionjären. När det gäller uppfinnaren Polhem har den tidigare omnämnde Bring författat *Trollhätte kanals historia till 1844* (1911), där Polhem får sin rättmätiga plats. Samma år kom den av Bring redigerade minneskriften där man finner tre artiklar som behandlar Polhem som mekaniker, konstmästare och byggkonstruktör av Gustaf Sellergren, Herman Sundholm och Nils Cronstedt. Polhem och hydrodynamiken behandlades kort av Friedrich Neumeyer (1942).³⁴ Under åren har ett inte ringa antal notiser och artiklar om Polhems maskiner publicerats i Tekniska museets årsbok *Dædalus*. På 1930- och 40-talen skrev Tekniska museets chef Torsten Althin några notiser om bland annat Polhemsstickan, Polhemsknuten och Stjärnsunds manufakturverk. Man finner även ytterligare ett antal smärre

artiklar i *Dædalus*, genomgående av relativt beskrivande teknisk karaktär. Maskinernas funktion ska förklaras, om det så är Polhems klädespress, flottbro, strumpvävstolar, snusdosa, järnvåg, astronomiska ur, skärmaskiner för urhjul, valsverk, skeppsupphalningsverk eller Konstige Tapp.

Som lite av en motreaktion mot den massiva geniförklaringen av Polhem, har en mer nyanserad bild av Polhems uppfinnarverksamhet ibland skymtat fram. En fråga som har dryftats är angående Polhems verkliga originalitet.³⁵ Är han en sådan nydanande uppfinnare som traditionen vill göra gällande, som skapade endast ut ur sin egen fatatur? Sten Lindroth tillhör de få som varit inne på att nyansera Polhems originalitet, och därtill försökt sätta inom honom i en sorts klassisk genealogisk traditionshistoria. Det sker främst i hans *Christopher Polhem och Stora Kopparberget* (1951), där han gör en grundlig och detaljerad genomgång av Polhems gruvtekniska verksamhet vid Falu koppargruva, om blankstöttspelet, Karl XI:s spel, sifonmaskinen och Fredriks maskin med mera. Lindroth kommer fram till att mycket av vad Polhem sägs ha åstadkommit i själva verket har utländska och tidigare förebilder.³⁶

Polhems Laboratorium mechanicum, hans modellkammare och experimentmaskiner, och då i synnerhet hans mekaniska alfabet, har lockat flera teknikhistoriker, inte bara hemmavid, utan också utomlands. Bland annat har Arvid Bäckström behandlat Polhems modellkammare i *Dædalus* 1959. Insiktsfulla tolkningar av Polhems hydrodynamiska experimentmaskin har framförts av Svante Lindqvist i *Technology on Trial* (1984). Inte minst har på senare tid Michael Lindgren tagit upp ämnet i en artikel med den fyndiga titeln: "Den Kongliga Modellkammaren – en trädimensionell upplevelse", i tidskriften *Polhem* 1992.³⁷ Samma nummer av *Polhem* (nr 4a) hade för övrigt personen bakom tidskriftens namn som tema.

Ifråga om industripijonjären och Stjärnsunds manufakturverk har det skrivits ett par småskrifter och antologier, bland annat av den tidigare nämnde Torsten Althin (1950), samt en antologi om bruket utgiven av fotbollsklubben Stjärnsunds AIF (1987).³⁸ Av mer beständig kvalitet är den antologi, *Bruk i förändring*, som utgavs år 2000 i samband 300-årsminnet av Stjärnsunds manufakturverks grundande, redigerad av Anna Götlind. Medverkade gjorde bland andra Michael Lindgren och Jan Hult. Men den berör Stjärnsund under tre sekler och inte nödvändigtvis enkom Polhems tid.

Det var om forskningen om Polhem som uppfinnare och industripijonjär. Men Polhem var så mycket mer än "spelkonstruktör", modellbyggare och urmakare. Han hade ett tämligen vitalt tankeliv också. Polhem tänkte inte riktigt som andra. Vänder man sig till hans naturvetenskapliga verksamhet

finner man några få nedslag i periferin. Av det gamla klassiska, noggranna slaget är Axel Liljencrantz insats i fråga om Polhem och Collegium curiosorum i två artiklar i *Lychnos* 1939–1940, ännu av stort värde. En mer sammanhållen bild av Polhems naturfilosofi, i synnerhet hans geologiska tankar, ger Tore Frängsmyr i sin avhandling *Geologi och skapelsetro* (1969). Nordisten Stig Nilsson har utifrån språkhistorisk håll analyserat Polhems naturvetenskapliga terminologi i *Terminologi och nomenklatur* (1974), samt i ytterligare några uppsatser.³⁹ Vidare går Mikael Hård närmare in på Polhems fysikaliska och vetenskapsteoretiska föreställningar i en uppsats i *Lychnos* 1986. Matematikern Polhem har på senare tid uppmärksamrats i en doktorsavhandling i matematik av Staffan Rodhe, *Matematikens utveckling i Sverige fram till 1731* (2002). Själv har jag behandlat Polhems materiateori, inte minst dess betydelse för Swedenborg, i en uppsats i *Polhem* 2000/2001.⁴⁰ Det är, till syvende och sist, sällan de orden har berättigande, men i det här fallet stämmer det: Polhems naturfilosofi är utforskad, för att inte tala om Polhem – hälsokostförespråkaren, ungdomsledaren, den botaniske systematikern, parapsykologen, antikreationisten, universalspråkskonstruktören etc. etc.

Tillbaka i labyrinten

Daidalos flydde från kung Minos labyrint på Kreta. Vi är tillbaka i Polhems labyrint. Det gäller att finna den röda tråden, om man inte som Daidalos samlar vax och fjädrar. Utmaningen är med andra ord att undvika några av de blindgångar och återvändsgränder som Polhemsforskningen förvillar oss med. För det första, den självbiografiske författaren sätter agendan för hur man ska tolka honom, naturligtvis hur han har levt sitt liv, men vad som är mer vilseledande: hur han har sett på sig själv, och den bild han har låtit skapa om sig, den bild av sig själv han har velat förmedla. Det gäller att inte genast ryckas med i Polhems berättelse om sitt eget liv. Det finns dolda, underliggande syften med gestaltandet av sitt liv. Vi berättar om oss själva som vi vill att andra ska tänka om oss. En väg ut kan vara att se till vad andra tyckte och sade om Polhem, och hur han snarare gjorde än sade.

En annan fallgröp kan vara vårt behov av hjältar, hagiografins ständiga problematik. Detta kommer mycket tydligt fram i de flesta Polhembiografier. Efterfrågan har varit starkt efter en förebild inom teknik och vetenskap, behovet av en hjälte som med flit och beslutsamhet arbetar sig upp med två tomma händer och en klarsynt hjärna, som dessutom ägnat sig åt något så matnyttigt som teknik och industrialisering, allt för sitt fäderneslands eko-

nomiska lycka. Den moraliska aspekten finns ständigt närvarande i biografien. Har han eller hon levt ett liv som är ett exempel att följa, eller något att fördöma? Biografförfattarens moraliska utgångspunkter kan inte sällan på ett omärkligt sätt leda levnadsberättelsen i en viss riktning.

För det tredje, slutligen, kan man tala om vissa teknikhistoriska, eller vetenskapshistoriska, problem ifråga om Polhemsforskningen. Det gäller uniteten, självständigheten eller det personliga i tänkandet. Är den genealogiska idéhistorien, det vill säga i den betydelsen av idéhistorien som släktforskning, utrönandet av idéernas släktförhållanden, som följer trådarna bakåt eller framåt till vår nutid, verkligen en framkomlig väg? Receptionshistorien blir en metafor som grundar sig på kausalitet i rummet, som orsak och verkan, en genealogi eller släkträd av serier av orsaker som skulle kunna formuleras i satsen: "En idépåverkan är en fysisk kraft som förflyttar oss från ett idérum till ett annat". Likheter mellan två tänkare tycks då förutsätta att antingen har den ena påverkat den andra eller så är de båda påverkade av en gemensam källa. Men jag vill betona att det hela tiden finns ett moment av tolkning och att det finns grundläggande kognitiva förmågor som gör att idéer inte kan förmedlas helt intakta. En kognitiv idéhistoria kan i stället i många fall förklara likheterna med att de utgår från snarlika kognitiva förutsättningar, att de utgår från liknande mentala bilder eller använder sig av liknande metaforer och indelningar av kategorier helt ovetande om varandra. Varje idé kommer inte från någon annan, alla idéer kan inte ledas tillbaka till en annan tänkare. Idéerna kommer ur medvetanden, ur hjärnor. På många sätt kan man kalla Polhem för en "hemmatänkar" som kokade ihop sina egna tankar oberoende av vad andra tyckte och tänkte.

Jag skulle därför förespråka vad som skulle kunna kallas för en "kognitiv idéhistoria" som beaktar människans kognitiva förmågor.⁴¹ Till sin hjälp hade han mänskliga förmågor som att skapa mentala bilder, lagra kunskap, kommunicera, konstruera idealiserade modeller, kategorisera och att använda metaforer, metonymier, mytologiska associationer och bilder. När det gäller Polhems tekniska verksamhet är inte minst bildtänkandet av särskild betydelse. Det finns ett visionärt drag i hans uppfinningsrikedom. Det är i grunden ett icke-verbalt tänkande som visar sig i Polhems tekniska uppfinningar. Vetenskapliga idéer och tekniska lösningar existerar först som "visioner", som bilder utan ord i medvetandet. Därefter kan naturvetaren försöka "översätta" den mentala bilden till ord eller överföra den inre bilden till en teckning på ett papper för att uppväcka liknande mentala bilder hos en konstruktör som slutligen konstruerar maskinidén i tre dimensioner.⁴² Polhems uppfin-

ningar bygger just på sådana mentala bilder. Några teckningar gjorde Polhem till exempel inte under sin utländska resa, utan han påstod att om han väl en gång hade fått se en maskin i rörelse kunde han när som helst ur minnet konstruera en exakt kopia. Daidalos maskin fungerar alltid i tanken.

Abstract: Daedalus' flight

The Swedish inventor and scientist Christopher Polhem (1661–1751) has been called the Daedalus of the North. This article concerns the picture of Polhem through the ages, what has been written concerning him, and about the still surprisingly modest research on him. First gives a short introduction to Polhem. His own life story, put forward by himself, has had an immense influence on the following biographies. He depicts a story about a poor orphan, who, after hard studies and work, eventually succeeded. This some how rhetoric and exaggerated story lives on in the following literature. Though, he really was admired during his on lifetime, often called the Archimedes of the North, the hyperborean Daedalus on so forth. He became a living patriotic symbol of the technical genius, the saviour of the Swedish economy. This "romantic" tale is very abundant all the way from the end of the 18th century up to this day. He is the light fighting the powers of darkness, he is a paragon of virtue for young people, and he symbolizes the hopes for a better future through technical development and industrialization. The Polhem research, though, is not very extensive. No thorough biography has been written. There is in all only one scholarly written monograph. What has paid attention is especially Polhem as an inventor and industrial pioneer, not his extensive work in science, pedagogics, economy etc. A future Polhem research may take in concern his rhetoric way of claiming himself, and our need of heroes and moral examples. A possible track may be, what I call a "cognitive history of ideas", a history counting with the cognitive abilities of the human being.

Noter

- 1 Christopher Polhem, *Christopher Polhems efterlämnade skrifter* IV, utg. B. Löw (Uppsala, 1954), 387–399.
- 2 Samuel E. Bring, "Bidrag till Christopher Polhems lefnadsteckning", *Christopher Polhem* (Stockholm, 1911), 14.
- 3 *Ibid.*, 102.
- 4 *Collegium curiosorums protokoll* 16/1 & 24/1 1711 samt *Protocoller vid Soc. Scient. i Ups. sammankomster 1711*, Linköpings Stiftsbibliotek N 14a, nr 66; Nils C. Dunér, *Kungliga vetenskaps societetens i Uppsala tvåhundraårsminne* (Uppsala, 1910), 61.
- 5 Johan Hermansson, *Memoria vite et mortis viri quondam amplissimi & celeberrimi, mag. Johannis Vallerii, ...* (Uppsala, 1718), 29f; cit. i Axel Liljencrantz, "Polhem och grundan-

- det av Sveriges första naturvetenskapliga samfund jämte andra anteckningar rörande Collegium Curiosorum I", *Lychnos* 1939, 298.
- 6 Emanuel Swedenborg, *Ludus Heliconius, sive carmina miscellanea, quae variis in loco cecinit Eman. Swedberg*, Greifswald [1714/1715]; Emanuel Swedenborg, *Ludus Heliconius and other Latin poems*, utg. & övers. H. Helander (Uppsala, 1995), 134f; Publius Ovidius Naso, *Metamorphoses* I–II, edited by F. J. Miller (Cambridge & London, 1984); Publius Ovidius Naso, *Metamorphoser*, övers. E. Bökman (Stockholm, 1961), 8.162–235.
 - 7 Christopher Polhem, "Assess. Chr. Polhammars vpfodnings konst wid Blanckstöten", *Dædalus Hyperboreus: eller några nya mathematiska och physicaliska försök och anmärkningar: som wälborne herr assessor Polhammar och andre sinrike i Swerige hafwa gjordt och nu tijd efter annan til almen nytta lemna* II (Uppsala, 1716), 25–28; faks., N. C. Dunér 1910; Christopher Polhem, *Christopher Polhems brev*, utg. A. Liljencrantz (Uppsala, 1941–46), 118; jfr Franz Ernst Brückmann, *Magnalia Dei in locis subterraneis oder unterirdische Schatz-Kammer Königreiche und Länder, in ausführlicher Beschreibung aller, mehr als MDC. Bergwerke durch alle vier Welt-Theile, welche ...* (Braunschweig, 1727), 237, tab. VI.
 - 8 Lars Roberg, *Tal* (Stockholm, 1747), 38; Lars Roberg, *Orationes*, utg. J. G. Wallerius (Stockholm, 1748).
 - 9 Emanuel Swedenborg, *Diarium spirituale* I–VII (1745–65), utg. I. Tafel, Tübingen & London 1843–46; *The Spiritual Diary of Emanuel Swedenborg* I–V, transl. by G. Bush, J. H. Smithson & J. F. Buss (London, 1883–1902), n. 4722, 6049, 6071.
 - 10 Se även Sigfrid Lorentz Gahm Persson, *Christopher Polhem, commerce-råd och commendeur af kongl. nordstjerne-orden* (Stockholm, 1782).
 - 11 Carl Gustaf Nordin, *Minnen öfver namnkunniga svenska män* II (Stockholm, 1818), 215.
 - 12 *Ibid.*, 240, jfr 242.
 - 13 *Ibid.*, 247.
 - 14 *Läsning för svenska folket*, 1834, nr 1, 84–96. Artikeln finns avtryckt i faksimil i *Polhem. Tidskrift för teknikhistoria* 1992, 344–356; Se även Per Sörbom, *Läsning för folket: Studier i tidig svensk folkbildningshistoria* (Stockholm, 1972).
 - 15 Jan Hult, "Eftermålet", i *Bruk i förändring: En bok om Christopher Polhem och Stjärnsund under tre sekler*, Anna Götlind, red. (Hedemora, 2000), 88; Annalisa Forssberger, *Det förvandlade bruket* (Stockholm, 1957).
 - 16 J. F. Lundblad, *Svensk Plutark för ungdom* (Stockholm, 1837), 1; se även C. A. Bagge, "Christofer Polhem", *Svensk folk-kalender för år 1838*, 41–54.
 - 17 Ellen Fries, *Den svenska odlingens stormän: Lefnadsteckningar för skola och hem* II (Stockholm, 1899), 26; se även Per G. Berg, *Skildringar ur svenska mäns ungdomslif samt skolhistorier* (Stockholm, 1873), 93 ff.
 - 18 Bring, "Bidrag till Christopher Polhems lefnadsteckning", viii.
 - 19 S. Jansson, "Polhemsmonument med förhistoria", *Dædalus* 1974, 109 ff.
 - 20 Selma Lagerlöf, "Slätterkarlarna på Ekolsund", *Troll och människor* I (Stockholm, 1915), 141.
 - 21 *Ibid.*, 146.
 - 22 Elsbeth Funch, "Stjärnsund", i idem, *Jag vet ett land...* (Stockholm, 1924), 7.
 - 23 "Tillägg ur Exegetiska och Philantropiska Sällskapets Handlingar", i Carl Robsahm, *Anteckningar om Swedenborg* (1782), utg. av Anders Hallengren (Sollentuna; 1989), 75f.
 - 24 Funch, "Stjärnsund", 86.
 - 25 *Polhemsjubiléet i Husby 1950* (Fagersta, 1950), 17.

- 26 Ulf Tengbom, *Sin egen lyckas smed* (Jönköping, 1945), 188.
- 27 Ibid., 190.
- 28 Elin Qvarnström, *Christopher Polhem: Ett krönikespel av en Stjernsundsロットa* (Falun, 1947), 37.
- 29 *Svenska Dagbladet* 1950-06-20; jfr Hult, "Eftermälet", 82.
- 30 *Polhemsjubiléet*, 18.
- 31 Ibid., 28.
- 32 Holger Rosman, *Christopher Polhem* (Stockholm, 1911); P. Gunnar Andersson, *Christopher Polhem* (Falun, 1979) nytryck ur idem (red.), *Svenska snullen: Från Stiernhielm till Scheele* (Stockholm, 1964); Sten Lindroth, *Svensk lärdomshistoria: Stormaktstiden* (Stockholm, 1975), 534–552; Michael Lindgren & Per Sörbom (red.), *Christopher Polhem 1661–1751: "The Swedish Daedalus"* (Stockholm, 1985); Sigvard Strand, *Polhem: Mekaniakens mästare* (Stockholm, 1985); Kerstin Westerlund, *Christopher Polhem: Konstruktör och företagare i 1700-talets Sverige* (Stockholm, 2000); David Dunér, "Maskinmannen", *Populär historia* 2001:3, 36–40.
- 33 Holger Rosman, *Polhems släkt och dess minnen på Gotland* (Stockholm, 1911); Sven Rydberg, *Svenska studieresor till England under frihetstiden* (Uppsala, 1951), 147–149.
- 34 Friedrich Neumeyer, "Christopher Polhem och hydrodynamiken", *Arkiv för matematik, astronomi och fysik* 28A:15 (1942).
- 35 Se t.ex. *ibid.*, 1.
- 36 Se även Tommy Forss, "Olof Trygg och Christopher Polhem. Om konstmästarefejden vid Stora Kopparberget", *Årsbok / Johan Gottlieb Gahn-akademien* 7 (1996/98), 15–18.
- 37 Se även Michael Lindgren, "Christopher Polhem: En 1700-talsvisionär", *Polhem* 1989, 44–59.
- 38 Torsten Althin, *Christopher Polhem och Stjernsunds manufacturverk* (Säter, 1950); Birgitta Dandanell (red.), *Stjernsund: Det gamla Polhemsbruket i Dalarna i bild och text* (Falun, 1987).
- 39 Stig Nilsson, "Materieuppfattningens termer i svenskan fram till år 1800", *Lychmos* 1975–76; idem, *Yta – djupare sett: Ett begrepp och dess benämningar i historiskt perspektiv* (Kalmar, 1992).
- 40 David Dunér, "Bubblor, kanonkuler och en tunna ärtor. Polhem och Swedenborg om materiens struktur", *Polhem* 2000/2001, 3–27.
- 41 Se vidare David Dunér, *Världsmaskinen: Emanuel Swedenborgs naturfilosofi* (Nora, 2004), 22–45.
- 42 Eugene S. Ferguson, "The Mind's Eye: Nonverbal Thought in Technology", *Science* 1977, 828.
- 43 Polhem till G. Vallerius 12/II 1710, *Christopher Polhems brev*, 38; Göran Vallerius, "Kårtt och ungefärlig relation..." (1705), KTH, MS Pf-38; Neumeyer, "Christopher Polhem och hydrodynamiken", 10; Svante Lindqvist, *Technology on Trial: The Introduction of Steam Power Technology into Sweden, 1715–1736* (Uppsala, 1984), 71f.