

IJZER

DIK NAS

DE GESCHIEDENIS VAN EEN MACTIG MATERIAAL

**DEEL 2:
DE OERTIJD VAN DE IJZERINDUSTRIE (1500-1850)**

ASPEKT

Dik Nas

IJzer

De geschiedenis van een machtig materiaal

Deel 2

De oertijd van de ijzerindustrie (1500-1850)

Colofon:

© Dik Nas (Elahuizen 2014)

Uitgeverij Aspekt Soesterberg.

Oorspronkelijk uitgave in opdracht van het Nederlandse IJzermuseum, partner in ICER. Met financiële steun van het Graafschapcollege en Civon.

Omslagontwerp: Thomas Wunderink

Met bijzondere dank aan Wim van Hagen en Jany Mudde voor het kritisch lezen en corrigeren van het manuscript.

Digitale heruitgave (Rotterdam 2022)

Inhoudsopgave:

Deel 1:

IJzer de onderschatte factor in de geschiedenis	4
De lange weg uit het oosten (2000 v.Chr. – 800)	8
IJzer in de middeleeuwen (800-1500)	43

Deel 2:

De oertijd van de ijzerindustrie (1500-1850)	90
<i>- de opstandige Republiek; - de gouden eeuw; - heren, paupers en gilden;</i>	
<i>- de Industriële Revolutie; - oer de basis van het bestaan;</i>	

Deel 3:

Het ijzeren tijdperk (1850-2000)	191
----------------------------------	-----

IJzer

De geschiedenis van een machtig mineraal

Deel 3

De oertijd van de ijzerindustrie (1500-1850)

- *de opstandige Republiek* -
- *de Gouden Eeuw* -
- *heren, paupers en gilden* -
- *de Industriële Revolutie* -
- *oer, de basis van het bestaan* -

De opstandige Republiek

de Tachtigjarige Oorlog de wapenindustrie op zoek naar gotelingen

Als er één jaartal post heeft gevat in ons 'collectief geheugen' dan is dat wel 1600; waarna moeiteloos volgt 'Slag bij Nieuwpoort'. Natuurlijk speelt zo'n rond jaartal een rol bij zo'n mooi resultaat, maar er moet meer zijn, want voor andere ronde jaartallen geldt dit fraaie resultaat niet. Terwijl daartegenover toch ook een lastig jaartal als '1492; Columbus ontdekt Amerika' door velen moeiteloos kan worden opgedreund. De Slag bij Nieuwpoort is dan ook een markant punt in de vaderlandse geschiedenis. In het begin van de opstand tegen Spanje zijn de Nederlandse gewesten in militair opzicht nogal hulpeloos. Er is geen mankracht, er zijn geen wapens en van een georganiseerd leger met voldoende logistiek en bekwame leiding is al helemaal geen sprake. In de eerste decennia van de Tachtigjarige Oorlog is er sprake van een ongeregelde burgeroorlog bestaande uit schermutselingen ter land en ter zee samenhangend met de plaatselijke omstandigheden en machtsverhoudingen. Eerst tegen het einde van de zestiende eeuw is er sprake van een geregelde oorlogvoering tussen naties. De militaire hervormingen eind zestiende begin zeventiende eeuw zijn in hoge mate bepalend voor het voortbestaan van de Republiek. Van de door Maurits en Willem Lodewijk in leger en vloot doorgevoerde tactische en organisatorische vernieuwingen is de 'contremars' wel de meest in het oog springende. Bij deze manoeuvre sluiten de soldaten na het afvuren van een schot weer aan achter in het gelid om te herladen. Samen met de toename van het aantal geweren per compagnie neemt de vuurkracht zo aanzienlijk toe. Door eindeloos drillen leren de soldaten de in tientallen stappen ontleden gevechtshandeling blindelings uit te voeren. Exercitioefeningen, maar vooral een regelmatige betaling zorgen voor een grotere discipline en een beter georganiseerd leger.¹



*De Slag bij Nieuwpoort.
Naar een gravure van Frans
Hogenberg uit 1600.*

Het leger van zo'n 10.000 man dat in 1600 optrekt naar de fameuze veldslag kan de toets der kritiek doorstaan. Het is gedisciplineerd, staat onder bekwame leiding en is redelijk goed verzorgd. Uitrusting en bewapening staan op een behoorlijk peil, vooral dankzij

de import van wapentuig uit de Hanzesteden, Engeland en het prinsbisdom Luik². De slag markeert de metamorfose van enkele gewesten, die volstrekt hulpeloos en afhankelijk zijn in militair en poli-

¹ M. de Jong, 'Staat van oorlog' *Wapenbedrijf en militaire hervorming in de Republiek der Verenigde Nederlanden 1585-1621* (Hilversum 2005) p. 20

² P.W. Klein, *Het arsenaal van de wereld. Wapenhandel in de Gouden Eeuw* (Voordracht gehouden op 16-12-1993)

tiek opzicht en nooddriftig wapens en uitrusting moeten importeren, tot een natie met het primaat in de wapenhandel en een onevenredig grote economische, politieke en militaire macht. De Tachtigjarige Oorlog is vooral een belegeringsoorlog. Behalve de Slag bij Nieuwpoort zijn er maar weinig veldslagen geweest.³ De strijdende partijen trachten door langdurige belegeringen belangrijke steunpunten in handen te krijgen. De winst bij Nieuwpoort is dan ook vooral een morele, want in tactisch opzicht is er weinig resultaat. Na de gewonnen slag moet Maurits opbreken en vertrekken, want door de numerieke meerderheid van de Spaanse troepen in de omgeving kan het doel Nieuwpoort innemen niet worden bereikt.

de Tachtigjarige Oorlog

De kritiek op de kerk, die Maarten Luther in 1517 publiek maakt, brengt een beweging op gang die al spoedig de Lage Landen bereikt. De hervormers naast Luther, onder wie Calvijn, veroordelen de misstanden in de kerk. De handel in aflaten, maar ook het wangedrag en het weelderige leven van de geestelijkheid is volgens hen in strijd met de leer van Christus. Hoewel de nieuwe opvattingen onder de bevolking in Den Haag weinig draagvlak vinden, speelt de plaats toch een belangrijke rol in de geschiedenis van de Hervorming, doordat Karel V hier de zetel van de inquisitie (kerkelijke rechtbank) vestigt. De inquisiteur-generaal houdt in het St. Barbaraklooster zitting en leidt van daaruit het onderzoek naar de ketterse nieuwlichterij. De verdachten worden in het klooster ondervraagd en als ze niet onmiddellijk bekennen gefolterd. Ze worden in de gelegenheid gesteld zich te bekeren en boete te doen, maar wie volhard wordt opgesloten in de Gevangenpoort. Als ook daar de ketter niet tot inkeer komt wordt hij of zij overgedragen aan een wereldlijke rechtbank en veroordeeld tot onthoofding of de brandstapel. De regelmatig weerkerende ketterverbrandingen leiden tot protest. De stadsbesturen in Holland weigeren na 1533 nog langer kettters te verbranden. Na de troonsbestijging van Philips II in 1555 wordt de vervolging van kettters steeds meer een politieke maatregel om een eigenzinnig volk onder gezag te houden. Protestantisme en politieke macht raken steeds meer met elkaar verweven.



De gewonnen Slag op de Zuiderzee in oktober 1573, waarbij de graaf van Bossu als gevangene Hoorn wordt binnengebracht is aanleiding voor een monument. Op de z.g. Bossuhuizen, hoek Grote-Oost – Slapersstraat, in Hoorn zijn friezen aangebracht die de zeeslag uitbeelden, waarop de Watergeuzen en Westfriezen een Spaanse vloot verslaan. (foto: Dina)

De naam 'Tachtigjarige Oorlog' wordt sinds 1830-1840 door protestantse historici gebruikt.⁴ Het beginjaar 1568 is echter een vrij willekeurig keuze. In dat jaar verslaan Lodewijk en Adolf van Nassau, in

³ M.P. van Maarseveen e.a., *Beelden van een strijd* (Zwolle 1998) p. 9

⁴ In 1832 publiceert de predikant Steven Blaupot ten Cate *Oud Nederland uit den grootsten nood gered, of De tachtigjarige oorlog tegen Spanje*, tien jaar later gevolgd door Otto von Corvin-Wiersbitzky's zesdelige *De Tachtigjarige Oorlog der Nederlanders tegen de Spaansche overheersing*. In 1841 gebruikt Guillaume Groen

de Slag bij Heiligerlee de Spanjaarden, het best getrainde 'beroepsleger' van die tijd. Evengoed zou 1565, het jaar van het Compromis der Edelen tegen de inquisitie, of 566, 'het wonderjaar' met het Smeekschrift, als startpunt genomen kunnen worden. Al op 26 april 1572 spreken de Spaansgezinde Staten van Holland van een generale revolte. In dat jaar bundelt zich het verzet. Wat begint met een openlijk protest van de adel - dat tot niets leidt – krijgt een vervolg met sociale en religieuze ontevredenheid, wat tot uiting komt met de Beeldenstorm en de eerste guerrilla-acties. Het leidt tot weinig meer dan enige bestuurlijke ontwrichting. Pas na Alva's drievoudige schending van alles wat heilig is, doet de bom barsten. Hij schendt in iets meer dan een jaar de gewetensvrijheid met het instellen van de Raad van Beroerten, hij schoffeert de adel met de onthoofding van Egmond en Hoorne en hij tart de burgerij met de 'tiende penning'. De krachten van het verzet bundellen zich en de opstand is nu met recht een 'revolte' te noemen. Voor een succesvolle bestrijding van een revolutie is het verstandig bevolking en opstandelingen te scheiden en vervolgens de laatste te elimineren. Alva echter bestrijdt beide groepen tegelijk en met zoveel terreur, dat hij ze in elkaars armen drijft.



Een verbeelding van de Slag bij Heiligerlee op een tegeltableau te vinden in de kelder van het Drents Museum te Assen. (foto: Dina)

Tegenover de Watergeuzen zijn Alva's anti-guerrilla-eenheden te weinig flexibel en te langzaam. Zachtzinnig zijn de Geuzen evenmin. Het oren korten en baljuws jagen door de Bosgeuzen is ineffectief, maar voert de spanning onder de bevolking in het Westerkwartier wel op en destabiliseert het gewestelijk bestuur.

Moeilijker is het de wreedheden van de Watergeuzen 'goed te praten'. Lumey's gruweldaden zijn contraproductief aangezien ze plaatsvinden op het moment dat de steden bezig zijn 'om te gaan' naar Oranje. Toppunt is het ophangen van de Gorkumse geestelijken op 9 juli 1572 in een turfschuur van het bouwvallige klooster Ruggie bij Brielle. De misdaden van Lumey, die een jaar later via de zijlijn wordt afgevoerd, zijn beslist niet de enige. Minder bekend is, dat als Oranje in diezelfde maand Roermond veroverd, daarbij meer dan 60 geestelijken worden vermoord en de jeugdige nonnen van een klooster in de omgeving worden verkracht. Heel ver gaat Lodewijk bij zijn inval in 1568 als hij de Groninger boeren, die hem niet wensen te steunen in zijn poging de tirannen te verdrijven, tot vijanden verklaart. Oranje gaat in december 1572 nog een stap verder. Hij stelt voor om van personen, die voor de afdracht van de nieuwe vermogensbelasting onvindbaar zijn, de echtgenote gevangen te zetten. Deze pressiemiddelen vallen echter in het niet in vergelijking met de terreur die Alva ontkent in de Ommelanden na zijn overwinning bij Jemgun. Tegen dit Spaanse geweld moeten de rijen wel worden gesloten. Er ontstaat een redelijke mate van volkssteun voor de guerrilla. De graaf van Megen schrijft daarover aan de Landvoogdes:

van Prinsterer de uitdrukking 'de tachtigjarige krijg' in zijn populaire *Handboek der geschiedenis van het vaderland*.

Ik doe mijn uiterste best om de troepenlichtingen in Beusichem en IJsselstein te verhinderen, zoals Uwe Genade opdroeg, maar ze zijn wel voorzien van spionnen (daar een groot deel van de mensen geus is), zodat ik, wanneer ik denk de route afgesloten te hebben, ze hiervan bericht krijgen en een nieuwe weg openen.

De opstand zou nooit zijn gelukt zonder de ogen en oren van het volk. Het gebeurt spontaan zonder dat er ook maar één van de bekende grote mannen ter plaatse is. In 1568 wordt zowel ter land als ter zee een serie tegenaanvallen ingezet, die echter pas vier jaar later rendement opleveren. Het grote probleem voor Oranje is te moeten overschakelen van de ene op de andere strijdwijze, een geregeld leger of querrilla. Te prijzen is zijn streven naar meer orde in het kamp van de opstandelingen. Onder deze noemer vallen het ontslag van Lumey en de belastingheffing om de troepen te kunnen betalen. Wellicht zijn sterkste punt is de propaganda en het stimuleren van verzet. Oranje laat steken vallen bij het overschakelen op een ongeregelde strijdwijze, die hij, zo lijkt het, nauwelijks als een door het doel geheiligd middel apprecieert.



Staatse roerschutter. Plaat in: J. de Gheijn, Wapenhandelinghe van roers, musquetten en spiesen (Den Haag 1607)

Het passief op de achtergrond blijven bij kleinschalige operaties en aanwezigheid bij grote geregelde operaties lijkt hiervoor het bewijs. Voor Oranje en de Staten is de vraag aan de orde hoe hun machtsgreep moet worden gelegitimeerd. Als er één ding opvalt, in de jaren tot 1588, dan is dat wel de zoektocht naar internationale steun. De Staten doen zelfs de soevereiniteit in de aanbieding. De Duitse Lutherse vorsten, de Engelse koningin, de broer van de Franse koning, de vriend en vertrouwing van de Engelse koningin, het is een komen en gaan van buitenlanders, telkens met dezelfde doelen: een breder front maken tegen de vijand, het legitimeren van een gewapende opstand en het ontvangen van steun in de vorm van geld en troepen. Ofschoon de gevechtswaarde van de buitenlandse regimenten niet mag worden overschat hebben ze waarschijnlijk door hun morele waarde wel bijgedragen aan een bredere acceptatie van de Opstand. In minder dan tien

jaar zijn de belangen van de rebellerende adel, calvinisten en middengroepen van het Wonderjaar zo in elkaar opgegaan, dat ieder vredesinitiatief kansloos is geworden.

de wapenindustrie

Gedurende de zeventiende en achttiende eeuw groeit de behoefte aan ijzerwaren in de vorm van plaat, draad en staven, niet in de laatste plaats voor de wapenindustrie. Oorlogsvoering is overgegaan van 'ridderspel' naar huurlegers in dienst van de vorst en daarmee breekt het besef door, dat hij die over de beste wapens beschikt wint. Een aantal op de kapitaalmarkt opererende kooplieden worden schatrijk door in de oorlogsvoering te investeren. De op de Staat van Oorlog genoteerde proviand, munitie, wapens en materieel wordt door hen op krediet geleverd, waarna de gewesten in termijnen betalen. Kooplui bemiddelen bij het rekruteren van Duitse hulpstroepen of zijn behulpzaam bij het zenden van troepen, zoals de Hollandse troepen die tussen 1592 en 1595 in Frankrijk worden ingezet. De Rotterdamse koopman/bankier Johan van der Veken en zijn Parijse zwager Nicolaes Quingets sturen troepen en geld via Dieppe. Tot 1609 blijft Van der Veken betrokken bij transacties met Frankrijk. Kooplui zijn ook actief als militair ondernemer of solliciteur.⁵ In het laatste kwart van

⁵ lasthebber, gevolmachtigde.

de zestiende eeuw neemt het aantal kooplieden toe dat actief inspeelt op de behoefte aan oorlogsmateriaal. De wapenhandel ontwikkelt zich tot een markt van internationale allure. Opmerkelijk genoeg speelt daarin de Nederlandse wapenindustrie geen rol van betekenis aangezien de Nederlandse overheid zich hiermee niet wenst te bemoeien. De handels- en tariefpolitiek dient meer de groothandel dan de wapennijverheid. Uitsluitend de inlandse geschutgieterijen kunnen op enig moment van overheidsingrijpen profiteren. Al in het begin van de vijftiende eeuw oefenen, vaak van elders afkomstige, geschutgieters hier hun veelal seizoenmatige bedrijf uit. Pas tijdens het Twaalfjarig Bestand (1609-1621) nemen stedelijke en gewestelijke overheden de geschutgieterij ook zelf ter hand. Het gaat daarbij alleen om het naar verhouding dure en zware bronzen geschut van hoge kwaliteit, ondanks dat deze militair van minder betekenis zijn dan de goedkopere en lichtere ijzeren stukken. Ook andere oorlogsindustrie komt pas op na 1600. Belangrijke centra zijn Dordrecht en Delft, waar onder meer harnassen, musketten, spiesen, pistolen en buskruit worden gemaakt. In Gouda en Utrecht worden lonten gesponnen van lokaal verbouwde of uit het Oostzeegebied aangevoerde hennep. Daarnaast zijn er in Den Haag, Utrecht, Rotterdam en haast vanzelfsprekend Amsterdam, musketmakers, zwaardvegers en harnasmakers actief. Zij assembleren vuurwapenonderdelen uit Luik en Brunswijk met ter plaatse gemaakte kolven en beslag tot musketten, roeren en pistolen. Zwaardbladen, gevesten en harnasonderdelen uit Luik en Solingen worden verwerkt tot eindproducten. Kogels worden geïmporteerd uit Zweden of door grofsmeden vervaardigd uit Zweeds, Engels of Spaans ruwijzer.⁶ Het mag duidelijk zijn dat de handel en niet de nijverheid verantwoordelijk is voor de ontwikkeling van het wapenarsenaal dat heel Europa bedient. Aan de basis van deze wapenmarkt ligt aanvankelijk niet de import van grondstoffen, maar de invoer van kant-en-klaarwapentuig.⁷ Holland ontwikkelt zich vanaf het laatste kwart van de zestiende eeuw meer en meer tot een handelsnatie en een Europese distributeur van ijzer, staal en ijzerwaren. De in Nederland in de zestiende eeuw aanwezige wapenindustrie bestaat vooral uit kleine ambachtelijk bedrijfjes. Voor buskruitbedrijfjes is de productie van slechts een paar pond buskruit per dag normaal te noemen.



Staatse musketier, 'U musquet om hoogh hout ende aenlegt' Aanwijzing 11 uit de tweede serie van 43 afbeeldingen aangaande het hanteren van het musket door musketiers. Plaat in: J. de Gheijn, Wapenhandelinghe van roers, musquetten en de spiessen (Den Haag 1607).

Tegen het einde van de zestiende eeuw komt daar verandering in en beschikt de Republiek over voldoende wapenindustrie. Kooplieden organiseren de handel met de aanvoergebieden, de binnenlandse nijverheid en de exportmarkten. Van elders worden grondstoffen ingevoerd om het benodigde wapentuig te maken. Voor buskruit komt het salpeterzuur uit Azië en Scandinavië en de zwavel van Elba en Sicilië. IJzer en staal worden over de Maas aangevoerd uit Namen, Luik, Neurenberg en Solingen. Voor kanonnen is brons nodig, een legering van koper en tin. Koper wordt ingevoerd uit Zweden, Midden-Europa en Japan, terwijl tin wordt gehaald uit Duitsland, Engeland en Spanje. IJzeren geschut wordt niet in de Republiek geproduceerd. Vanaf omstreeks 1590 leveren Engelse geschutgieters honderden ijzeren kanonnen aan de admiraliteiten en de koopvaardij in de Republiek. Alleen bevriende protestantse naties mogen de 'jewels of great value', hier nuchter 'gotelingen' genaamd, in Engeland bestellen. De vanwege zijn vele huwelijken, fameuze Hendrik VIII, is bij zijn troonsbestijging

⁶ M. de Jong, 'Staat van oorlog'... p. 170

⁷ P.W. Klein, *Het Arsenaal van de wereld...*

er zich van bewust, dat er aan de landsverdediging en bewapening van Engeland het nodige schort. Hij moderniseert de vloot en de kustverdediging. De bronsgeschutgieterij van de Tower, de enige die Engeland rijk is, is niet in staat om voldoende kanonnen te leveren, zodat Hendrik geschut bestelt bij Hans Poppenruyter te Mechelen (B), die hem in twintig jaar 140 bronzen kanonnen levert. De dreiging van een nieuwe Frans-Engelse oorlog in 1543, terwijl er nog een oorlog met Schotland aan de gang is, doet de behoefte aan bewapening verder oplopen. De schatkist is echter zo goed als leeg en er moet naar een goedkoper alternatief voor het dure bronzen geschut worden gezocht. De directeur van de 'Royal Ironworks' in Newbridge, dominee William Levett (+1554), neemt twee zeer vakbekwame gieters in dienst: de bronsgieter Peter Baude en de ijzergieter Ralph Hogge en combineert hun beider competenties. In 1543 lukt het hun om voor het eerst een bruikbaar gegoten ijzeren kanon af te leveren. De kwaliteit is zo goed, dat de Royal Ironworks opdracht krijgen 120 ijzeren kanonnen te gieten. Een opdracht die ze in minder dan twee jaar uitvoeren. De productie in Engeland van gietijzeren geschut is tegen het eind van de zestiende eeuw aanzienlijk. Rond 1600 wordt voor het maken van munitie en geschut ca. 900 ton ijzer per jaar verwerkt.⁸ De import van gotelingen in de Republiek is groot. In 1619 gaat de helft van de productie van de grootste geschutgieterij in Engeland naar ons land. De productie van dit bedrijf is gemiddeld één kanon per dag.

Deze 'Jewel of great value' gegoten in Engeland tussen 1570 en 1580 bewaakt sinds 1996 de Kamper Poort in Zwolle. Het kanon bleef in Zwolle achter na het mislukte beleg onder leiding van de Graaf van Rennenberg in 1588. Het kanon dient 400 jaar als schampsteen op het landgoed Kranenburg. Geschut wordt voor het eerst in 1543 met succes van gietijzer gegoten in de koninklijke gieterij in Plymouth in Engeland. Dit gietijzeren stuk geschut is derhalve een vroeg exemplaar. De veldafsluit waar het kanon op rust is een replica gemaakt in 1996 door het Centrum Vakopleiding Zwolle. (foto: Baronas)



In 1612 plaatst Elias Trip zijn eerste order bij een gieter in Engeland. Het betreft een order van 200 stukken, die in drie porties van resp. vijftig in december 1612, vijftig in februari 1613 en de laatste honderd in mei 1613 worden afgeleverd. Als in Engeland ten behoeve van de vervaardiging van houtskool hele gebieden zijn ontbost stagneert door schaarste aan houtskool de productie van gietijzer. Tegen het eind van het Twaalfjarig Bestand (1609-1621) wordt onder invloed van Spaanse diplomatie door de Engelse koning geweigerd om nog langer exportvergunningen te verlenen aan kooplieden uit de Republiek. De Staten-Generaal moeten uitzien naar andere leveranciers. Frankrijk is geen alternatief vanwege de slechte kwaliteit van de geleverde gotelingen. Al vanaf begin zeventiende eeuw wordt ijzeren geschut betrokken uit Duitse gebieden. Door de Dertigjarige Oorlog komt daar de klad in en na 1620 wordt nog nauwelijks ijzeren geschut uit Duitsland geïmporteerd. In 1615 verzoeken de Staten-Generaal Gustaaf Adolf, koning van Zweden, om levering van 400 ijzeren stuk-

⁸ A.I. van Wakeren, 'Engels gietijzeren geschut: een Nederlandse handel (1609-1640)' in: J.P. Puype en M. van der Hoeve, *Het arsenaal van de wereld: de Nederlandse wapenhandel in de Gouden Eeuw* (Amsterdam 1993) p. 28-29

ken van goede kwaliteit. Het is het startsein voor de kooplui Lodewijk de Geer en Elias Trip tot het opzetten van een uiterst lucratieve internationale wapenhandel. Zij weten het Zweedse gebrek aan kapitaal en geschoold personeel op te lossen.⁹ Zweden zal zich na 1620 tot een belangrijk exporteur van gotelingen ontwikkelen. De rol van de Staten van Holland is die van de koopman volgens het in handel en nijverheid gebruikelijke systeem van afnemerskrediet. In dit systeem levert de koopman de grondstoffen aan de ambachtslieden die ze op hun beurt verwerken tot het gewenste product en terugleveren aan de koopman. Voor de productie van gietijzeren kogels, die niet in de Republiek worden gemaakt, sluiten de Staten leveringscontracten af. Veelal zijn het grote kooplieden als Trip en Syvert Mijnderstsz. Van Duynen, die vanaf 1600 partijen van duizenden kogels leveren vanuit Luik en Brunswijk.¹⁰ In de anderhalve eeuw na 1500 verschuift in de scheepvaart het belang van handwapens naar die van geschut. Deze verschuiving heeft alles te maken met de wijziging in de maritieme oorlogvoering die geleidelijk aan is overgegaan van het gevecht van dichtbij met entering, naar artillerieduels op afstand en linietactie.



Houtzaagmolens aan de Schie te Rotterdam, met rechts de buskruitfabriek van de wapenhandelaar Syvert Mijnderstsz. Van Duynen. Naar een tekening van D. van Dongen.

Kanonnen worden, meer nog dan op het land, van doorslaggevende betekenis in de strijd op zee. Aan deze ontwikkeling liggen enkele technische verbeteringen ten grondslag. Door het buskruit te korrelen wordt het minder gevoelig voor vocht, wat uiteraard de bruikbaarheid op een schip aanzienlijk verbetert. De vinding van waterdichte patrijspooten, maakt plaatsing onderdeks van kanonnen mogelijk en verbetert de stabiliteit van de schepen. Materiaal en productiewijze van geschut ondergaat eveneens verbetering. Vanaf 1500 wordt geschut gegoten, eerst alleen in brons, maar vanaf 1543 ook in ijzer. De giettechniek laat een meer seriematig produceren toe met als gevolg een grotere productie. De gegoten kanonnen laten een zwaardere lading toe en gietijzeren kogels nemen de plaats in van stenen. De ijzeren kanonnen worden in de loop van de zeventiende eeuw van groter belang dan de bronzen, wat vooral komt door een lagere kostprijs.¹¹

op zoek naar gotelingen

In de zeventiende en de achttiende eeuw vinden vier zeeoorlogen plaats tussen de Republiek en het Engelse koninkrijk. Overzeese handel en de koloniale expansie zijn de haarden van het repeterende conflict. Eind zestiende, begin zeventiende eeuw wedijveren beide naties om de mondiale hegemonie ten koste van Spanje en Portugal. Naast belangenconflict vinden beide naties ook verwantschap in het protestantisme waarin ze voortdurend worden belaagd door Spanje en Frankrijk. Vanuit die achtergrond zijn er pogingen tot en momenten van samenwerking. De personele unie die in 1688

⁹ M. de Jong, *'Staat van oorlog'*... p. 186

¹⁰ M. de Jong, *'Staat van oorlog'*... p. 49

¹¹ M. de Jong, *'Staat van oorlog'* ... p. 71-72

ontstaat met het bestijgen van de Engelse troon door stadhouder Willem III is het meest in het oog springende voorbeeld van dat laatste. Het is maart 1651 als Cromwell een gezantschap naar Den Haag stuurt met voorstellen tot samenwerking. De angst in de Republiek voor een oorlog met Frankrijk levert hem een botte weigering op, met als gevolg dat het Engelse parlement de Akte van Navigatie vaststelt:

- a. *van landen en koloniën, behorend aan Engeland, mogen de goederen slechts door Engelse schepen naar Groot-Brittannië worden vervoerd*
- b. *waren van Europese landen mogen in Engeland worden aangevoerd door Engelse schepen, of door schepen uit het land van herkomst van de goederen*
- c. *vis mag slechts door Engelse schepen worden aangevoerd en niet door vreemdelingen worden verhandeld.*

Bijkomende eisen als het groeten van Engelse schepen door Nederlandse in 'Engelse' zeeën versterken het misnoegen over de Akte van Navigatie in Nederland. De handel op Engeland is nu vrijwel onmogelijk. De spanning wordt opgevoerd als de Engelsen Nederlandse schepen, die het vlaggensaal luut weigeren, gaan opbrengen. In mei 1652 brandt bij Dover de oorlog los. Maarten Tromp weigert de Engelse admiraal Robert Blake te groeten waarna hij de volle laag krijgt. De ene zeeslag volgt nu op de andere. In augustus 1652 verslaat Michiel de Ruyter de Engelsen bij Plymouth, maar in oktober leidt Witte de With, in de Slag bij Duins, voor de Theemsmond een nederlaag tegen Blake. In december heeft Tromp bij Dungeness succes, maar in februari 1653 wordt hij bij Portland in de Driedaagse Zeeslag verslagen en in juni nog eens bij Nieuwpoort. De Engelse blokkade wordt in augustus door zeegevechten voor de kust van Wijk aan Zee en Ter Heide gebroken.

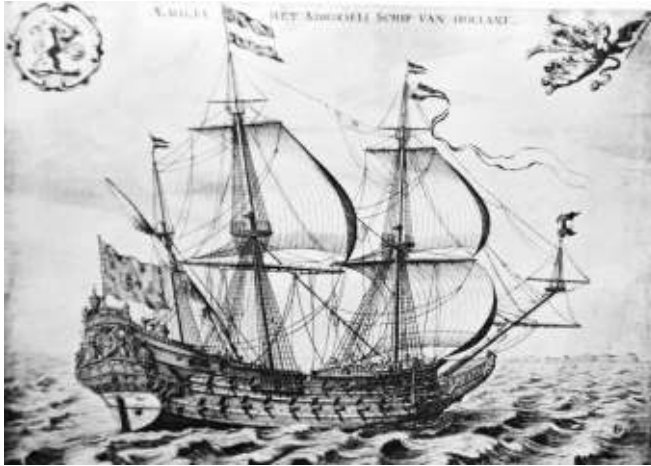
In de zeeslag bij Ter Heide sneuvelt Tromp. De overwinning van Johan van Galen bij Livorno betekent dat de Engelsen dit gebied voor de rest van de oorlog moeten ontruimen.

Gietijzeren bus te zien in het Hamaland Museum in Vredend (D). Aanvankelijk ging het museum ervan uit dat dit kanon omstreeks 1450 is gegoten. Na restauratie en nadere bestudering is men tot de conclusie gekomen dat het uit de zestiende eeuw moet stammen. Het kanon heeft dienst gedaan als vestinggeschut op de wallen van Vredend. (foto: Baronas)



Op 15 april 1654 wordt de Vrede van Westminster gesloten en komt er een einde aan de oorlog. Het gezantschap van de Staten-Generaal moet echter voorwaarden accepteren die in het voordeel van de Engelsen zijn. De Akte van Navigatie blijft gehandhaafd, maar in een formeel losstaande tekst staat in een geheim artikel de Akte van Seclusie. Volgens deze akte mag nooit meer een Oranje tot stadhouder of kapitein-generaal worden benoemd. De Engelse leider Cromwell is beducht voor de toen nog maar drie jaar oude Willem III wegens zijn verwantschap met de Stuarts. Hij eist een dergelijk uitspraak van de Staten-Generaal in ruil voor de Engelse ratificatie van de vredesovereenkomst. De Staten-Generaal weigert, waarop Cromwell genoeg neemt met een toezegging van gelijke strekking van Johan de Witt namens Holland. Na het sluiten van de vrede maakt De Witt zijn toezegging aan de Staten van Holland bekend. De Staten aanvaardt de Akte zonder de vereiste eenstemmigheid. Haarlem, Leiden, Edam, Enkhuizen en

Alkmaar stemmen tegen. De zaak lekt uit en wekt grote verontwaardiging, vooral in Friesland. In een scherpzinnige deductie verdedigt De With zijn beleid met een beroep op het principe van de gewestelijke soevereiniteit. Ontstemming over zijn handelwijze blijft echter bestaan. Na de restauratie van de Stuarts (1660) wordt, onder pressie van Karel II, de Akte ingetrokken. Na de Vrede van Münster wordt een deel van de vloot als niet meer noodzakelijk afgeschafte of opgelegd. Het wordt als een welkome bezuiniging gezien. Aan de andere zijde van de Noordzee wordt dezelfde redenering gevolgd, maar door enkele gebeurtenissen, het optreden van ene prins Rupert aan het hoofd van een kapervloot en een extreme toename van piraterij, wordt daar al spoedig op teruggekomen. Er wordt weer in de Engelse vloot geïnvesteerd en er komt een ontwikkeling opgang naar grotere schepen met meer en zwaarder geschut.



De Aemilia het vlaggeschip van Maarten Harpertz. Tromp. Het schip, in 1632 gebouwd diende als voorbeeld voor later gebouwde schepen van de oorlogsvloot. Gravure van C. Dankerts, naar een tekening van Willem van de Velde.

Het is vooral deze ontwikkeling die De With en Tromp parten speelt in de zeeslagen bij Duins, Portland en Nieuwpoort. Het is niet het numerieke overwicht, maar het meerdere en zwaardere geschut aan Engelse zijde dat de doorslag geeft. Door de aanwending van zwaarder geschut verandert

het karakter van het zeegevecht. In feite komt het erop neer dat de kleinere en lichter bewapende Nederlandse schepen eerder onder vuur komen te liggen zonder effectief te kunnen reageren. Na het nodige geharrewar, aan het staatsbestel van Republiek der Zeven Verenigde Provinciën eigen, komt een nieuw scheepsbouwprogramma tot stand. Met de nodige vertraging komen medio 1653 twee nieuwe schepen gereed te Amsterdam en tegen het einde van het jaar ook in Enkhuizen en Friesland. Bij het opleveren van de schepen in Amsterdam en daarna ook bij de andere Admiraliteiten manifesteert zich een nieuw probleem. De schepen kunnen wel worden afgeleverd, maar niet met het benodigde geschut.¹²

Al eind 1652 wijst de Amsterdamse Admiraliteit op de noodzaak van het tijdig bestellen van grof geschut, omdat er uitsluitend wordt gegoten in opdracht. Begin 1653 wordt met stille diplomatie getracht orders voor het gieten van geschut te plaatsen. De zaakgelastigden krijgen echter te maken met een gesloten front van de grote wapenhandelaren en zijn genoodzaakt tegen een hoge prijs een collectief leveringscontract af te sluiten met de voornaamste eigenaren van geschutgieterijen in Zweden: Arnout Huybers, Louys en Hendrick Trip en Guiliam Momma. De order omvat 420 18-ponders, 402 12-ponders en 394 8-ponders, tezamen 1216 ijzeren stukken. Met deze order van de eeuw lijkt de nodige scheepsartillerie verzekerd, maar een maand later stelt Zweden een verbod op de uitvoer van geschut in. Commissarissen van de Zweedse Admiraliteit reizen langs de Zweedse geschutgieterijen om beslag te leggen op de voorraden ten behoeve van de eigen vloot. In allerijl wordt de gezant Van Beuningen opgedragen het protest dat Nederland heeft ingediend bij koningin Christina van Zweden alsmede een verzoek tot opheffing van het verbod krachtig te bepleiten. Als argument, of dreigement wordt aan Van Beuningen meegegeven te wijzen op het feit dat, nadat Engeland eertijds een soortgelijk uitvoerverbod heeft ingesteld, het gieten van ijzeren geschut zich heeft verplaatst naar Zweden en Moscovië. Als Zweden nu op haar beurt de Republiek in de steek laat dan zou dat voor de Staten-Generaal aanleiding zijn, tot schade van Zweden, de nodige kanonnen elders te kopen. Een loos dreigement, want hoewel er daadwerkelijk naar andere leveranciers

¹² J.E. Elias, *De vlootbouw in Nederland in de eerste helft der 17^e eeuw* (Amsterdam 1933) p. 129

wordt gezocht, blijkt dat allerm minst uitvoerbaar te zijn. Informatie wordt ingewonnen in het Sauerland en de Mark in Duitsland. De eerste valt af, er wordt wel geschut gegoten, maar niet van het gewenste grote kaliber, met de tweede wordt onderhandeld over het leveren van 18 en 12-ponders, maar dat loopt op niets uit. Uit Luik en Genève worden proefstukken ingevoerd, maar de kwaliteit is niet goed.

Geschutgieterij te Finspang in Zweden, eigendom van de gebroeders Trip. Naar een afbeelding van J.F. Martin.

De Zweedse stukken worden ter plaatse uitgetoet en krijgen daarna achter de vuurmond een merkteken. Het betekent dat bij het in gebruik nemen minder dan één op de honderd stukken springt. Van het Luikse geschut, wat niet is beproefd vóór aflevering, deugen vijftig van de honderd stukken



niet.¹³ Goede stukken geschut gieten vereist de nodige vaardigheid zoals blijkt in de ijzermolen te Peitz in Brandenburg. Het bedrijf giet al vanaf circa 1568 ijzeren kogels met behulp van waarschijnlijk een Stückofen. In 1660 wordt de eerste hoogoven van Brandenburg in gebruik genomen. In 1661 wordt in opdracht van de keurvorst van Brandenburg voor het eerst vijftien kanonnen en 761 stuks kogels gegoten. Bij het proefschietsen barsten veertien van de vijftien kanonnen uiteen.¹⁴

De informatie ingewonnen over de 'Hollandse Hutte' in de omgeving van Moskou, gedreven door enige Nederlandse ondernemers, en uit Cantabrië (Sp.) zijn positief. De Hollanders hebben weliswaar nog nooit zwaar geschut gegoten, maar willen zich er best op toeleggen. Het geschut uit Cantabrië is van goede kwaliteit, maar de prijs vormt een beletsel. De nood is hoog gestegen, niet alleen vanwege het uitrusten van nieuwgebouwde schepen, maar ook door het verlies van 17 schepen met 509 stukken geschut in de zeeslagen. Bovendien zijn tijdens de heftige zeegevechten vele ijzeren kanonnen gebarsten. Uit Zweden worden mondjesmaat kanonnen verzonden, maar tot overmaat van ramp vallen enkele transportschepen met 380 zware stukken van achttien en twaalf pond in handen van de Engelsen. Een alternatief om zwaar bronzen geschut in de Landsgeschutgieterijen te laten gieten lukt vanwege geldgebrek niet. Noodgedwongen wordt opnieuw een beroep gedaan op de bekende grote wapenhandelaren, maar het blijkt al spoedig dat deze heren er alleen op uit zijn om zoveel mogelijk profijt te trekken uit de omstandigheden. Is de prijs in april nog f10 per 100 pond gegoten ijzer, in november bedraagt deze al f12 per 100 pond en zelfs f14 als de kanonnen via Lübeck over land worden vervoerd. Dit is de zaakgelastigden van de Staten-Generaal te gortig, de onderhandeling wordt afgebroken en opnieuw wordt onderzocht of geschut te koop is in Sauerland en Cantabrië.¹⁵ De Vrede van Westminster die enige maanden later wordt gesloten haalt de druk van de ketel waardoor de noodzaak om tegen woekerprijzen te kopen bij de vaderlandse wapenhandelaren vervalt. De levering van geschut voor nieuwe schepen blijft een moeizame zaak. Ook na de vrede blijft het mo-

¹³ F.A.A. Eversmann, *Technologische Bemerkungen auf einer Reise durch Holland* (Freyberg 1792)

¹⁴ D. Redies, G. Reidmich, H. Keller, *Hüttenwerk Peitz* (Peitz 1997²) p. 10-11

¹⁵ J.E. Elias, *De vlootbouw...* p. 163-172

nopolie op Zweeds geschut in handen van de grote wapenhandelaren en zij houden de prijs hoog. In 1655 wordt dan ook opnieuw onderzocht of er kanonnen kunnen worden gekocht in Cantabrië.



Een van de gesprongen stukken van de eerste gieting van kanonnen in 1661 in de latere koninklijke ijzergieterij te Peitz in het keurvorstendom Brandenburg. (foto: Baronas)

De ambassadeur in Londen krijgt de opdracht 'off men geen canon uyt Engellant soude connen becomen, namentlijk uyt Kent, ofte van Cardif uyt Wals Engellant ofte oock uyt Schot-

lant."¹⁶ Het mag bizar heten dat vanwege de winzucht van eigen landslieden de regering voor de landsverdediging te biecht moet bij de vroegere vijand: zowel Spanjaarden als Britten.

¹⁶ Resolutie Staten-Generaal van 2 november 1653, aangehaald bij J.E. Elias, *De vlootbouw in Nederland in de eerste helft der 17^e eeuw* (Amsterdam 1933) p. 172

De Gouden Eeuw

*het handelsnetwerk van de Republiek
de Gouden Eeuw
koning koopman
de Verenigde Oost-Indische Compagnie
octrooien
het eerstgeboorterecht*

Tussen 1600 en 1750 is in Europa sprake van economische stagnatie en zelfs van achteruitgang. De Republiek der Zeven Verenigde Nederlanden is tot eind zeventiende eeuw met haar ongekeerde economische bloei hierop een uitzondering. De bevolking in de Republiek neemt tussen 1550 en 1650 met 50% toe tot ca. 1,9 miljoen. De gewesten Holland en Utrecht zijn sterk verstedelijkt. Ruim 50% van de bevolking woont in de steden, terwijl dat elders in West-Europa hooguit 20% is. Het handelsverkeer tussen Noord- en Zuid-Europa wordt door een groeiend aantal schepen onderhouden. De Hollandse en Zeeuwse havens liggen op die route centraal en zijn daardoor welhaast een natuurlijk overslagpunt. De verzanding van het Zwin, maar vooral ook de ontwikkeling van een zelfstandige wolnijverheid in Engeland, maken een einde aan de bloei van Brugge en haar voorhavens Sluis en Damme. De vooraanstaande positie van Brugge als stapelplaats wordt overgenomen door het gunstiger gelegen Antwerpen. De Zeeuwse steden Middelburg, Veere en Arnemuiden trekken profijt van de snelle groei van de Scheldestad, die in de zestiende eeuw uitgroeit tot het belangrijkste handelscentrum van noordwestelijk Europa. De Beurs van Antwerpen, gesticht in 1531, staat open voor kooplieden uit alle windstreken en is er de oorzaak van dat de Antwerpse handel, gelijk eerder in Brugge, overwegend passief is. De stad beschikt niet over een eigen vloot, waardoor de handel voornamelijk in handen is van buitenlanders.¹⁷ In deze internationale omgeving past de oude markthandel niet meer. Zaken moeten zonder uitstalling dagelijks op monster tussen koper en verkoper tot stand kunnen komen.



Terugkeer van de Spaanse gezanten, na de ondertekening van het verdrag van de Vrede van Munster in 1648, op de rede van Antwerpen. Naar een schilderij van Bonaventura Peeters uit 1650.

Het in gebruik nemen van de handelsbeurs, de ontwikkeling van bank- en verzekeringswezen, het invoeren van nieuwe vennootschapsvormen en de introductie van het 'Italiaans boekhouden' zijn vernieuwingen die bijdragen aan het succes van de stad.¹⁸

¹⁷ W.M. Zappey, 'Het economische leven in de Nederlanden vanaf het midden der 16^{de} eeuw' in: S. Groenveld e.a., *De kogel door de kerk? De Opstand in de Nederlanden 1559-1609* (Zutphen 1991³) p. 36

¹⁸ P.J. Bouman, *Economische en sociale geschiedenis in hoofdlijnen* (Amsterdam 1961⁸) p. 75-77

het handelsnetwerk van de Republiek

Het wereldrijk van Spanje, Habsburg en het Heilige Roomse Rijk strekt zich uit van Groningen tot Gibraltar, van Wenen tot de Noordzee en van Cuba tot Chili. Het heeft halverwege de zestiende eeuw zijn beste tijd gehad, hetgeen valt waar te nemen in de economische stagnatie in het handelscentrum Antwerpen. In het midden van de zestiende eeuw verplaatsen de Portugezen hun specerijstapel en kwijnt de handel van Italië op het noorden. Als gevolg van de oorlog met Frankrijk lopen voor Spanje de kosten van rente en aflossing van de staatsschuld op van 150.000 gulden in 1552 tot 1.350.000 in 1556. In 1557 moet Philips II zelfs alle betalingen opschorten, wat desastreuze gevolgen heeft voor de bankiers. In de vijftiende eeuw neemt Amsterdam het op tegen de Hanze en ook in de concurrentie met Antwerpen ontwikkelt de stad een mondiaal handelsnetwerk, zoals nog niet eerder is vertoond. De modernnegotie is de graanhandel met het Oostzeegebied, maar spoedig volgen de handel op de Levant en de handel op Afrika, Amerika en Azië. Opmerkelijk is dat de stad nog tot in 1578 het Habsburgse gezag erkent. De heersende vroedschap, bierbrouwers en kleinhandelaren, met slechts lokale belangen, is gebaat bij rust. Als in 1578 een ander slag regenten aan het bewind komt verandert de koers. Van de 56 steden in de opstandige gewesten is na 1585, nadat Antwerpen in Spaanse handen is gevallen en de vlucht van intellect en geld in volle gang is, geen stad machtiger dan Amsterdam.

Drukke op het IJ voor Amsterdam. Een VOC-schip in een z.g. scheepskameel. Op de voorgrond een transport van een houtvlot. Detail van een tekening van H. Kobell uit 1776.



Het fundament is het imposante handelsnetwerk van de Republiek en de grote particuliere koopkracht. De expansie van handel in hoogwaardige goederen in de eerste drie decennia van de zeventiende eeuw is ongekend. Zo groeit bijvoorbeeld het aantal schepen dat de handelsvaart met het Middellandse Zeegebied onderhoudt van 19 naar 200. De confiscatie eind zestiende eeuw van Nederlandse schepen in de havens van het Iberisch schiereiland en het door Philips II ingestelde handelsverbod met de Noordelijke Nederlanden zorgt voor een schaarste aan koloniale waren. Wordt zout aanvankelijk uit Spanje ingevoerd, na het handelsembargo van

1598 gaan Nederlandse kooplieden steeds massaler schepen uitrusten om in Venezuela zout te halen. Jaarlijks zo'n 100 schepen. Bijna letterlijk in het kielzog van de zouthandel ontstaat een smokkelhandel in laken, zijde, linnen, fluweel en huishoudelijke artikelen op Zuid-Amerika en de Antillen in ruil voor vooral kleurstoffen als indigo en cochenille en voedings- en genotmiddelen als tabak en gember, parels en Braziliaanse hardhout. Het is vooral de groeiende Hollandse textielindustrie die behoefte heeft aan kleurstoffen. De schaarste aan koloniale waren maakt het aantrekkelijk om deel te nemen in de handel op Oost-Indië. Vooral na 1607, na het ingaan van het Twaalfjarig Bestand, bloeit de Nederlandse handel op. Na het Twaalfjarig Bestand bedraagt de Hollandse handel jaarlijks ca. 250 miljoen gulden. De top wordt bereikt rond 1640 met 350 miljoen. Aankoop, opslag en verkoop van goederen zorgen voor werkgelegenheid en geven mogelijkheden om kapitaal te investeren. Omdat de investeringen blijven toenemen, kan tegen de laagste prijzen worden ingekocht. De lonen

stijgen terwijl de bevolking groeit. Heel opmerkelijk, omdat doorgaans bij toenemend aanbod van arbeidskrachten de lonen dalen. De groei aan werkgelegenheid kan de groei van de bevolking voldoende compenseren. Curieus is dat de Staten-Generaal ook licenties verstrekt om met Duitsland, de zuidelijke Nederlanden en Spanje handel te drijven. Soms wordt een rivier tijdelijk afgesloten of de handel verboden met een streek waar het Staatse leger opereert, maar als de troepen weer weg zijn gaat de handel met de vijand weer ongehinderd verder. De reden voor deze tolerante houding van de Hoog Mogende Heeren is simpel: handel betekent muntgeld, goud en zilver. Engelse en Franse kooplui handelen ook zonder scrupules met de Spanjaarden en in tijden van nood kan de handel in korte tijd veel geld opbrengen. Zeeland, dat dicht bij het front in Vlaanderen ligt dan de andere gewesten, is een uitzondering en wil strenger de hand houden aan een handelsembargo. Dat een handelsverbod de Spanjaarden in het nauw drijft, blijkt uit correspondentie van kardinaal Granvelle met de Spaanse regering in 1583 waarin hij vermeldt, dat het Hollandse koren in enkele gevallen onmisbaar is geweest om de strijd te kunnen volhouden.

Het gebouw van de revolutie wordt gestut door een efficiënt belastingstelsel. Is in de Middeleeuwen de belasting voornamelijk een heffing op grondbezit en, in mindere mate, op voeding, nu wordt het een heffing op de handel. Het is het 'economische wonder' van de Republiek, dat zulke zware belastingen en grote staatsleningen mogelijk maakt. Om de oorlog te financieren wordt de belastingdruk tijdens de Opstand opgevoerd. In 1583 wordt, door de Staten van Holland de 'Gemene Middelen' ingevoerd: een accijs op de verkoop van voedsel, kleding en brandstof. Bezit van 'hoornde beesten ende bezaayde landen' wordt eveneens belast. Twee jaar later, in 1585, volgt de Capitale Impositie, een belasting die het vooral gemunt heeft op mensen met geld. Vanwege de gevaren die de jonge Republiek bedreigen, is men bereid tot het betalen van zware belastingen. Als we de kosten van levensonderhoud meewegen, is het indexcijfer voor de belastingdruk in 1553 26 en loopt het tot 1588 op naar 88 om in 1635 113 te bedragen. Het gevolg van deze vernieuwingen is een vertienvoudiging van de jaarlijkse belastingsofbrengsten. Het antwoord op de vraag waarom de bevolking zich zo zwaar laat belasten is betrekkelijk eenvoudig te geven met behulp van loon- en prijsverhoudingen gedurende de oorlogsjaren. Tot 1575 is deze verhouding ongeveer gelijk, maar daarna stijgen tot ongeveer 1650 de arbeidskosten sneller dan de prijzen van goederen, ook die van knechten en ongeschoolden. De beroepsbevolking groeit, de productiviteit neemt toe en het reële loon stijgt. De oorlog heeft een vreemd effect op de landbouw. Op het eerste gezicht springt de destructieve kracht in het oog: boeren vluchten, akkers worden vertrapt, weiden leeggeroofd. Maar op de langere termijn is er ook een gunstig effect. Zo kan graan langer dan drie jaar worden bewaard en is het zaaigoed niet onmiddellijk verloren. Op het moment dat een akker weer in gebruik wordt genomen, wordt er dunner gezaaid, wat een hogere opbrengst oplevert. Bovendien heeft de grond een tijd rust gehad en kan het een aantal jaren achtereen worden benut zonder vrees voor uitputting van de bodem.

de Gouden Eeuw

In het verzet tegen Spanje kiest Antwerpen de zijde van de opstandelingen wat de stad noodlottig wordt. Onder leiding van Parma wordt in Antwerpen in 1585 door de Spanjaarden ingenomen. Hollanders en Zeeuwen sluiten daarop de Schelde af. Bankiers en handelshuizen nemen de wijk naar Londen en de Noord-Nederlandse steden vooral naar het al geruime tijd in opkomst zijnde Amsterdam. Na de val van Antwerpen neemt Amsterdam diens rol van commercieel centrum over. De stapelmarkt van Amsterdam staat centraal in de internationale handel. Door de beperkte omvang van de handelstromen tussen veraf gelegen gebieden, de onoverzichtelijke vraag naar goederen, de talrijke onvoorspelbare invloeden op het aanbod en het tijdrovende berichtenverkeer is een stapelmarkt onmisbaar voor doorverkoop, verlading, bewaring en nadere bewerking van binnenkomende goederen en zorgt een stapelmarkt voor prijsstabilisering en lage transactiekosten. Een stapelmarkt functioneert bij gratie van een handelsvloot, een bancaire - en handelsorganisatie en een exportindustrie. Bij de vrede van Münster, in 1648, staat de Republiek op het toppunt van haar macht en

prestige. Omstreeks 1670 beschikt de Republiek over 14.000 à 15.000 schepen. De vloot heeft een omvang vergelijkbaar met die van de andere zeevarende naties in West-Europa tezamen en is vier- tot vijfmaal zo groot als die van Engeland. De Republiek heeft door zijn omvangrijke vloot vrijwel een transportmonopoly. Na 1660 wordt de Europese economische depressie ook in de Republiek voelbaar. De bevolkingsgroei stagneert en het mercantilisme¹⁹ van Engeland (Navigation Acts) en Frankrijk (Colbertisme) is een rechtstreekse aanval op de economische machtspositie van de Republiek. De Republiek begint de nadelen van een gedecentraliseerd landsbestuur en een provinciale verbrokkeling te voelen.²⁰ Tussen de Republiek en Engeland zijn er in de jaren vijftig en zestig van de zeventiende eeuw regelmatig oorlogen. Frankrijk neemt onder Lodewijk XIV steeds meer het offensief en breidt haar macht uit naar het noorden ten koste van Spanje. In 1670 sluiten Engeland en Frankrijk een geheim verdrag met de vernietiging van de Republiek tot doel. In het voorjaar van 1671 besluit een alliantie van Engeland, Frankrijk, Münster en Keulen de Republiek aan te vallen. Op 12 juni steken Franse troepen de Rijn over. Uit de paniek die in Holland ontstaat, houden we de beroemde woorden over: “De regering radeloos, het volk redeloos en het land reddeloos”. De Republiek houdt echter, onder leiding van prins Willem III – de latere koning-stadhouder – na aanvankelijke terugtrekking op Holland, stand. In het voorjaar van 1674 wordt vrede gesloten met Engeland en daarna ook met Münster en Keulen. Met Frankrijk duurt de oorlog echter voort. Willem III komt in 1689 op de Engelse troon, nadat hij een jaar eerder zijn schoonvader daarvan heeft verjaagd. Van 1688 tot 1702 bestaat er een personele unie tussen Engeland en de Republiek. Nimmer beschikt een Nederlandse stadhouder over meer macht en invloed. De economische rijkdommen van de Republiek worden aangewend in de strijd tegen de expansiepolitiek van Lodewijk XIV. Na 1702, het jaar waarin Willem III overlijdt, verliest de Republiek snel aan macht en invloed. De enorme oorlogsinspanningen brengen het land aan de rand van het faillissement. In 1713 wordt de Vrede van Utrecht gesloten. Alles is al bedisseld als in Utrecht de bezegeling plaats vindt. De Republiek komt er karig vanaf. Abt de Polignac, die Frankrijk vertegenwoordigt, snauwt de Nederlandse vertegenwoordiging toe: “Chez vous, sur vous, sans vous”.²¹ De ‘Gouden Eeuw’ van de Republiek is ten einde.

¹⁹ mercantilisme, benaming voor de economische politiek die vnl. van de 16^e tot de 18^e eeuw door veel Europese staten werd gevoerd ter bevordering van de welvaart en ter vergroting van de staatsmacht. Mercantilisten hechtten groot belang aan de bescherming van de eigen industrie, landbouw en visserij, teneinde een krachtige exportpositie te bereiken en aldus een deel van het Amerikaanse goud te bemachtigen dat via Spanje naar Europa stroomde. De Franse minister Jean-Baptiste Colbert perfectioneerde het mercantilisme tot colbertisme.

²⁰ P.J. Bouwman, ‘Hollands welvaren’ in: J. & A. Romein, *De lage landen bij de zee. Een geschiedenis van het Nederlandse volk* (Amsterdam 1979³) p. 274

²¹ L. Doedens, ‘De 17^{de} eeuw’ in: *Spiegel Historiae* (september 1999)

Koning-koopman

De 'Moedernegotie', de basis van het transport- en handelsimperium, is de Oostzeevaart. Twee van de drie schepen die door de Sont varen zijn Nederlands. De aanvoer uit het Oostzeegebied bestaat voor de helft uit graan en voor de andere helft uit ijzer, koper, vlas, hennep, salpeter, teer, pek, lijnzaad, potas en eikenhout. Eenderde van de Nederlandse bevolking kan dankzij het Baltische graan worden gevoed. De vaart op Frankrijk, Portugal en Spanje zorgt voor retourvracht: zout, wijn, specerijen en edele metalen. De vaart op Noorwegen levert het bosarme Nederland hout op voor de scheepsbouw. Nieuw in de Gouden Eeuw zijn de Straatvaart (de handel op de Middellandse Zee) en de koloniale handel. Uit Azië worden specerijen, zijde en katoenen stoffen aangevoerd. Tussen de westkust van Afrika, Brazilië, de Caraïben en Europa ontstaat een drukke handel in slaven en plantageproducten. Van 1602 tot 1799 heeft de Verenigde Oost-Indische Compagnie (VOC) het monopolie van de handel op het Verre Oosten. De West-Indische Compagnie (WIC) behaalt haar grootste successen in de kaapvaart. De stedelijke overheid reglementeert sterk de institutionele organisaties als makelaardij, notariaat, beurtvaart en stadskranen. De algemene politiek in het belang van de commercie bevordert de geweldige groei van de handel. De Amsterdamse Wisselbank (1609) verbetert het geldverkeer en maakt van Amsterdam het financiële centrum van de wereld. De wolnijverheid in Leiden en de linnennijverheid in Haarlem, beide belangrijke groeipolen, verwerken de ingevoerde grondstoffen en halffabrikaten en produceren voor de export. De stedelijke zijdenijverheid komt na 1650 te Amsterdam, Haarlem en Utrecht tot bloei.



De Voorstraathaven te Dordrecht naar een tekening van J. Schouman ca. 1820. De Voorstraathaven was eeuwenlang de plaats van handel en overslag. De vele steigers stonden in verbinding met de Wijnstraat en de Voorstraat, zodat verder vervoer soepel kon verlopen.

De pijpenmakerij te Gouda en de plateelbakkerij te Delft compenseerden het verlies van de brouwnijverheid die zich

vanwege de toenemende vraag naar scheepsbier naar de havensteden verplaatst. De bouwindustrie profiteert van de sterke bevolkingsgroei en van de export van tegels, dakpannen en bakstenen. Lege retourschepen gebruiken deze goederen als ballast waardoor de transportkosten laag blijven. Ondanks de opkomst van de plattelandsnijverheid na 1650 blijft de industrie in het verstedelijkte westen overheersen. Het uitgebreide binnenlandse waterwegennet en turf als goedkope energie zijn natuurlijke voordelen voor de Nederlandse economie. De grote stedelijke bevolking en de massale graanaanvoer uit het buitenland stimuleren de marktgerichtheid en de specialisering in de landbouw. De teelt van hoogwaardige graangewassen als tarwe, van handelsgewassen als koolraap, koolzaad, meekrap, tabak, hop en vlas wordt uitgebreid. Gespecialiseerde kwekerijgebieden, veelal in de nieuwe droogleggingen, bevoorraden de Hollandse steden met groenten en fruit. Desondanks is er een

inkrimping van het akkerbouwareaal ten bate van de veeteelt. De haringvisserij bloeit tussen 1590 en 1650 vooral dankzij de export naar de Oostzeegebieden. De walvisvaart is van 1612 tot 1642 het monopolie van de Noordse Compagnie. Na haar ontbinding vertienvoudigt het aantal walvisjagers zich in twintig jaar. Van alle takken van visserij draagt de walvisvangst het meest bij tot de werkgelegenheid.

De Maashandel groeit gedurende de vijftiende en zestiende eeuw. Luik speelt daarin een centrale rol vanwege de winning van steenkool en ijzer. Van de Maashandel profiteert Venlo, maar als deze stad in 1545 haar stapelrecht verliest, verschuift het zwaartepunt naar Zaltbommel en Dordrecht. Het is een zware slag voor de Maashandel en de Luikse industrie raakt er zelfs door in een depressie.²²

Eind zestiende eeuw, begin zeventiende eeuw is Dordrecht voor de Republiek het knooppunt van de ijzerhandel. Die positie dankt de stad aan de haar ligging aan de rivieren die de verbinding vormen met belangrijke ijzerproducerende gebieden. Via de Rijn wordt met schuiten en rivierboten allerlei ijzerproducten uit het Rijnland aangevoerd en via de Maas uit Luik. De stad, ontstaan langs de oevers van het riviertje de Thuredricht, waar zich nu de Voorstraatshaven bevindt, is al in 1220, het jaar waarin door graaf Willem I stadsrechten worden verleend, een belangrijke overslagplaats in de handel tussen de steden langs de Maas en de Rijn met Vlaanderen, Frankrijk en Engeland. Uit Dordrecht worden de ijzerwaren gedistribueerd naar de steden in Holland en Zeeland. Het Dordtse stapelrecht verplicht de kooplieden uit Luik, Brabant, Rijnland, Sauerland en Holland, om de door hen ingevoerde ijzerwaren in de stad op te slaan en te verhandelen. In de twaalf jaar tussen 1592 en 1604 wordt de enorme hoeveelheid van ruim 74 miljoen Hollandse pond aan ijzerwaren aan de markt gebracht en verhandeld. Het leeuwendeel van de aangevoerde ijzerwaren zijn afkomstig uit Luik. Van ijzerwaren uit het Sauerland, Rijnland, Spanje en Zweden komt slechts een minderheid op de Dordtse markt. De voornaamste bestemmingen van het verhandelde ijzer zijn Amsterdam, Rotterdam, Delft en Utrecht.²³

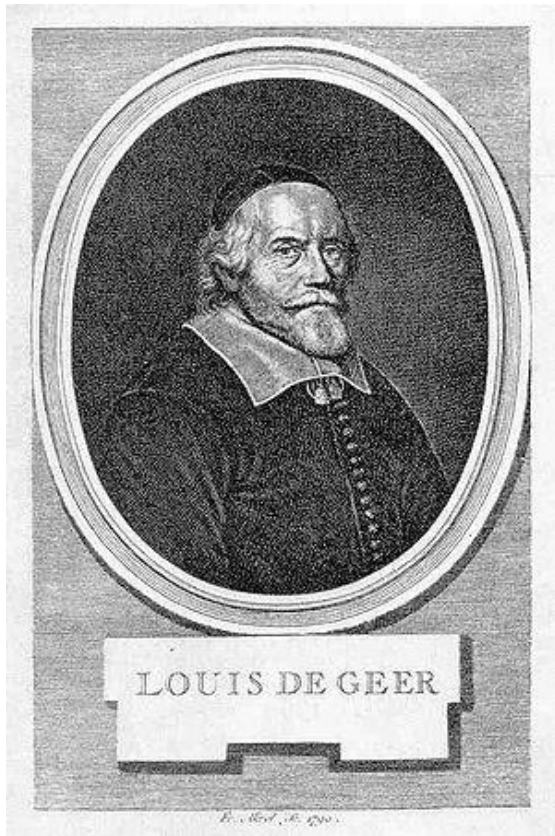
Aan de Maashandel danken we een opmerkelijk figuur in de Nederlandse geschiedenis: Louis de Geer, zoon van Jeanne de Neille en Louis de Geer, een Luikse groothandelaar in ijzer die zich aan het eind van de zestiende eeuw in Dordrecht vestigt. De Geer verlegt zijn ijzerhandel naar Amsterdam en vervolgens naar Zweden, waar hij grote rijkdommen verwerft en uitgroeit tot een man met macht en aanzien. De Geer, gedoopt te Luik op 17 november 1587, is een kind uit het adellijk geslacht de Gailarmont. Pas later, de familie woont dan al te Dordrecht, zal De Geer aan de naam worden toegevoegd naar het kasteel en het gelijknamige riviertje in de omgeving van Luik. In 1596 verlaat de familie heimelijk Luik, naar verluidt vanwege het geloof, maar zeker ook vanwege de onlusten rond de gilden die niet vriendelijk gezind zijn tegen kapitalisten waartoe ook de De Geers gerekend mogen worden. Via Aken trekt de familie naar Dordrecht, wat een voor de hand liggende wijkplaats is, aangezien er al een stiefzuster van De Geer woont, die getrouwd is met Elias Trip. Ze zijn niet de enige Luikenaren die naar Dordrecht uitwijken. Sinds 1589 is er een nieuwe stadswijk geheel met Luikse kooplieden bevolkt. De Geer brengt zijn leertijd (1605-1608) als koperslager door te Roanne a.d. Loire in Frankrijk. Van 1608 tot 1611 treffen we hem aan in La Rochelle.²⁴ In deze vrijplaats van de Hugenoten rondt hij zijn leertijd in handelskennis af en doet hij zijn eerste eigen zaken. Na volleerd te zijn teruggekeerd in Dordrecht, huwt hij in 1612 de eveneens uit Luik afkomstige Adrienne Gérard. Het lange huwelijksleven is vruchtbaar met veertien kinderen. De Geers opleiding en zijn betrekkingen met Luik doen hem welhaast als vanzelfsprekend in de ijzerhandel terecht komen. Met de handel in ijzer en met wapenfabricage verwerft hij zich een fabelachtige rijkdom door te leveren aan oorlogvoerende mogendheden in de periode 1618–1648. Zweden is begin zeventiende eeuw een arm agrarisch land waar de nijverheid van geringe betekenis is. Er worden in Zweden wapens gemaakt met name in bedrijven eigendom van de kroon. Aantal en kwaliteit is laag en koning Gustaaf Adolf wenst de productie te verbeteren en op te voeren. Door gebrek aan Zweedse ondernemers schakelt hij

²² W.F. Leemans, 'Handel en migratie te Zaltbommel in de 16^{de} en 17^{de} eeuw' in: *Bijdrage en mededelingen Gelre LXX* (Arnhem) p.79-80, 86-90

²³ M. de Jong, 'Staat van Oorlog'... p. 188

²⁴ J. en A. Romein, *Erflaters van onze beschaving. Nederlandse gestalten uit zes eeuwen*. (Amsterdam 1946) II p. 122-123

buitenlanders in onder wie De Geer verreweg de belangrijkste is. De buitenlandse ondernemers pachten of kopen de kroondomeinen met productiebedrijven, waar zij kanonnen, geweren, harnassen en ander wapentuig fabriceren. De Geer is het die de Zweedse metaalnijverheid, wapennijverheid en geschutgieterij tot bloei brengt. Tijdens de Dertigjarige Oorlog produceert hij enorme hoeveelheden wapens die hij deels in Zweden afzet en deels verhandelt via Amsterdam. Rond 1630 voorziet hij het Zweedse leger van vrijwel alle wapens.



Louis de Geer naar een gravure van Jeremias Falck.

De Geer associeert zich met zijn zwager Elias Trip (1570-1636). Trip bezit geschutgieterijen in Duitsland, importeert kogels en geschut uit Luik en Frankrijk, houdt op diverse plaatsen in Nederland gieters van bronsgeschut aan het werk en organiseert en financiert gieterijen voor ijzeren geschut in Zweden en Rusland. De Zaltbommelse familie Trip speelt eveneens een grote rol in de ijzerhandel langs de Maas en heeft naast De Geer een rol in de verplaatsing van de ijzer- en wapenhandel van Luik naar Zweden. De broers Elias en Pieter Trip starten hun carrière als kooplieden te Dordrecht. Sinds 1590 handelen zij in ijzerwaren uit Spanje, Engeland, Duitsland en Zweden. Als Amsterdam in de plaats treedt van Dordrecht als centrum van de ijzerhandel verhuizen de Trippen naar de hoofdstad. Na 1600 raakt Elias Trip al snel betrokken in de wapenhandel, in het bijzonder van ijzeren geschut. Aan het einde van de zestiende eeuw is Engeland de voornaamste producent van ijzeren geschut, waar Trip de voornaamste

importeur van is. In 1612 bezit hij zelfs het monopolie op deze handel. Tegelijkertijd importeert hij met andere Nederlandse handelaren geschut uit Duitsland en is hij betrokken bij fabricage van ijzeren geschut in Westfalen.

In 1622 heeft Willem de Besche van Gustaaf Adolf een octrooi gekregen voor het gieten van ijzeren geschut. Vanaf 1625 is De Geer de compagnon van De Besche en als deze in 1629 komt te overlijden behoudt De Geer alleen het privilege.²⁵ Musketmakers, lontenmakers, buskruit- en salpeterfabrikanten, zwaardvegers, smeden, spiermakers en anderen werken in opdracht van Trip. Hij is bewindhebber van de VOC en directeur van de Levantse Handel. Hij verkoopt munitie en wapens aan iedereen die betalen kan en smokkelt buskruit naar de vijand.²⁶ Kortom Trips handel kent weinig moraal en al helemaal geen grenzen. Hij is mogelijk wel de meest succesvolle, maar allerm minst de enige. Vanaf de jaren negentig van de zestiende eeuw is er een groot aantal ondernemende kooplieden die Nederland tot een arsenaal maken van internationale allure, die centra als Antwerpen, Hamburg, Lübeck en Bremen voorbijstreeft.

²⁵ J.W. Veluwenkamp, 'Buitenlandse octrooien en hun betekenis voor de ontwikkeling van het Nederlandse handelsstelsel in de zeventiende eeuw' in: C. Lesger en L. Noordegraaf (red.), *Ondernemers & bestuurders. Economie en politiek in de Noordelijke Nederlanden in de late middeleeuwen en vroegmoderne tijd* (Amsterdam 1999) p. 552-553

²⁶ P.W. Klein, *Het Arsenaal van de wereld...*



De geschutgieterijen te Juletha Bruk bij Nyköping in Zweden, naar een schilderij van Allart van Everdingen, 1662. De Bruk wat fabriek betekent, is eigendom van Lodewijk de Geer. Na zijn associatie met Elias Trip krijgt deze eveneens belang in het bedrijf. In ca. 1662 is het bedrijf geheel in handen van de firma Trip. Het bedrijf is strategisch gelegen in de nabijheid van een ijzerertsmin en van waterkracht.

De sterke Nederlands-Zweedse commerciële relatie, ontstaat in de jaren twintig en dertig van de zeventiende eeuw. De aanleidingen tot de alliantie zijn divers. Er zijn politieke redenen voor beide protestantse naties, zoals de Zweedse rol als tegenwicht voor de Deense dominantie in de Oostzee, maar ook de Zweeds-Nederlandse militaire en diplomatieke houding in de Dertigjarige Oorlog. Voor het kapitaalarme Zweden treedt de Republiek op als kapitaalverschaffer. Daar staat tegenover dat Zweden de Nederlandse handelsmarkt kan voorzien van ijzer, koper en teer. Het wegvallen van de aanvoer uit Spanje, na de beëindiging van het Twaalfjarig Bestand, en het Duitse achterland gedurende de dertigjarige oorlog, maakt een nieuw leveringsgebied noodzakelijk. De handel met Zweden is in handen van een kleine, maar kapitaalkrachtige groep kooplieden, waarbinnen De Geer en Trip veruit de belangrijkste zijn.

Het Twaalfjarig Bestand is een ramp voor de zaken van Trip, die zijn problemen oplost door zijn handel te verleggen naar Zweden. In 1624 gaan Elias en Pieter Trip een partnerschap aan met De Geer. De jaren daarna zijn beslissend voor de ontwikkeling van de belangen van de Trips en De Geer in de Zweedse koper- en ijzerbedrijfstukken. Binnen enkele jaren slagen zij erin de markt voor Zweeds koper te Amsterdam en de productie van ijzeren geschut in Zweden te monopoliseren. Tussen de partners bestaat er een werkverdeling. De gebroeders Trip belasten zich met de handel in koper en geschut en zorgen voor de nodige kredieten, terwijl De Geer zich voornamelijk bezig houdt met investeren in de ijzerindustrie en de contacten onderhoudt met de Zweedse kroon. Het partnerschap speelt een sleutelrol in de modernisering van de Zweedse ijzerindustrie. In associatie met Trip onderneemt De Geer grootscheepse ontginningen van ijzer- en kopermijnen en verwerft daarvan zelfs het monopolie, dat stand houdt tot zijn dood in 1652.

Het Trippenhuys aan de Kloveniersburgwal naar een aquarel begin negentiende eeuw. Het voornaamste patriciershuis van de stad is gebouwd in 1660 in opdracht van Louys en Hendrik Trip, schatrijke wapenhandelaren. Waar hun fortuin aan te danken is laten ze zien in de vorm van de schoorstenen die gemaakt zijn naar het model van een mortier. In het Trippenhuys is vanaf 1808 de Koninklijke Academie van Wetenschappen gevestigd.



De Geer reorganiseert de geschutgieterijen en kan al spoedig jaarlijks duizend kanonnen naar Amsterdam verschepen. Het geschut is van hoge kwaliteit en met de naar verhouding lage prijs worden de Engelse concurrenten van de markt verdreven. Na 1631 verloopt de samenwerking tussen de partners.²⁷ De relatie van De Geer met koning Gustaaf Adolf leidt er toe dat hij zich vestigt te Zweden. Als geldschieder van de Zweedse regering oefent hij grote invloed uit op de binnen- en buitenlandse politiek van dat land en zo op de ontwikkelingen in Europa. Door zijn opname in de Zweedse adelstand in 1641 krijgt hij zitting in het Zweedse Ridder- of Herenhuys. De Geer besteedt grote bedragen ter bevordering van de wetenschappen. Ook de liefdadigheid beoefent hij op 'vorstelijke' wijze. Op 19 juni 1652 overlijdt hij te Amsterdam.

De zonen van Elias Trip, Louys (1606-1684) en Hendrick (1607-1666) zetten de wapenhandel van hun vader voort. Een aantal jaren van hun jeugd hebben zij in Zweden doorgebracht. Na de aankoop van een grote ijzergieterij te Julethabruk te Zweden verloopt de handel van de broers zo voorspoedig dat zij in 1655 besluiten een dubbelwoonhuys te laten bouwen van waaruit zij de handel samen kunnen voortzetten. Het pand wordt gebouwd aan de Kloveniersburgwal in de buurt van de St. Antonies Waag aan de Nieuwmarkt. Het huys, ontworpen door Justus Vingboons, is gereed in 1662. Hendrick en zijn vrouw Johanna de Geer bewonen het noordelijke huys, Louys met zijn vrouw Emerentia Hoefslager trekken in de zuidelijke woning. Het huys, waarvan aan de gevel niet te zien is dat het om twee woningen gaat staat nu bekend als het Trippenhuys.

de VOC

In 1595 wagen negen Amsterdamse kooplieden het om de Portugese hegemonie van handel op het oosten te omzeilen. Ze richten een *Compagnie van Verre* op en rusten een vloot van vier schepen uit die om Kaap de Goede Hoop naar Azië vaart.²⁸ Goed voorbeeld doet goed volgen, zodat binnen vijf jaar vijftien vloten naar Azië zeilen. De onderlinge concurrentie zorgt ervoor dat in Azië de inkooprijzen stijgen en in Europa de verkoopprijzen dalen.²⁹ In de loop van de zeventiende en achttiende eeuw richten een aantal Europese landen Oost-Indische compagnieën op. Deze handelscompagnieën, waarvan die te Engeland en de Republiek de belangrijkste zijn, hebben tot doel handel te drijven in en met het Verre-Oosten. Vaak hebben ze publiekrechtelijke bevoegdheden, waaronder het recht militaire versterkingen aan te leggen en verdragen te sluiten. Ze beschikken over een handelsmonopolie op de door hen bevaren gebieden.

²⁷ L. Müller, 'The Dutch entrepreneurial networks and Sweden in the Age of Greatness', in: H. Brand (ed.), *Trade, diplomacy and cultural exchange. Continuity and change in the North Sea area and the Baltic c. 1350-1750* (Hilversum 2005) p. 66-68

²⁸ F.S. Gaastra en J.R. Bruijn, 'The Dutch East India Company's Shipping, 1602-1795, in a comparative perspective' in: J.R. Bruijn en F.S. Gaastra, *Ships, Sailors and Spices. East India Companies and Their Shipping in the 16th, 17th and 18th Century* (Amsterdam 1993) p. 178.

²⁹ L. Akveld en E.M. Jacobs, *De kleurrijke wereld van de VOC* (Amsterdam 2002) p. 12



Standbeeld van Johan van Oldenbarnevelt (1547-1619) in een nis van het stadhuis van Rotterdam onder het raam van de kamer van de burgemeester. Van Oldenbarnevelt is raads-pensionaris van de stad Rotterdam van 1576 tot 1586. Uit zijn contacten met uitgeweken Zuid-Nederlanders vloeit de positieve economische politiek voort die de stad in enkele decennia verrijkt met een uitgebreid havencomplex en haar de rang bezorgt van 'grote' stad in de Staten van Holland. Uit deze contacten komt ook Van Oldenbarnevelts initiatief tot het stichten van de VOC in 1602 voort. (foto: Baronas)

De Engelse Oost-Indische Compagnie is opgericht als een vereniging van Londense kooplieden, die op 31 december 1600 een octrooi van koningin Elizabeth I verwerft, waarmee zij voor vijftien jaar een handelsmonopolie krijgen voor het hele gebied tussen Kaap de Goede Hoop en Straat van Magalhães. De compagnie zendt expedities uit en vestigt zich op verschillende plaatsen in Oost-Azië. Ze ondervindt spoedig de concurrentie van de speciaal als haar tegenhanger opgerichte Nederlandse Oost-Indische Compagnie, die over een

tien keer zo groot aanvangskapitaal beschikt. In 1661 bevestigt Karel II de oude privileges van de Engelse Oost-Indische Compagnie en schenkt haar bovendien rechtsprekende bevoegdheden; het recht een leger te onderhouden en het recht van oorlog en vrede. In 1698 krijgt een concurrerende Engelse compagnie ook verscheidene voorrechten. In 1708 worden de Engelse compagnieën samengevoegd tot de United East-India Company en breidt de gefuseerde compagnie haar heerschappij in Voor-Indië sterk uit.

De Verenigde Oost-Indische Compagnie (VOC) is een handelsvereniging, vooral door de bemoeienis van Johan van Oldenbarnevelt tot stand gekomen door samensmelting van elkaar, binnen de Republiek der Zeven Verenigde Nederlanden, beconcurrerende compagnieën. Het octrooi voor een handelsmonopolie voor het gebied tussen Kaap de Goede Hoop en Straat van Magalhães, wordt door de Staten-Generaal op 20 maart 1602 voor 21 jaar verleende, maar na afloop telkenmale verlengd. De compagnie kent zes Kamers: Amsterdam, Middelburg, Delft, Rotterdam, Hoorn en Enkhuizen.

De VOC-werf op Oostenburg in Amsterdam. Naar een anoniem schilderij uit de eerste helft van de achttiende eeuw.



Het bedrijfskapitaal, waarvoor kan worden ingetekend en waaraan elke ingezetene van de Republiek mag deelnemen, bedraagt ca. 6,5 miljoen gulden. De VOC-aandeelhouders van het eerste uur zijn afkomstig uit alle lagen van de bevolking: kooplieden,

handwerkerskinderen als kleermakers en timmerlui, maar ook weduwen en zelfs weeskinderen. Zij moeten hun geld voor tenminste tien jaar inleggen en krijgen niet al na één reis het profijt, zoals dat bij andere ondernemingen gebruikelijk is. De beschikking over permanent handelskapitaal maakt de

VOC tot de eerste moderne naamloze vennootschap.³⁰ Amsterdam heeft binnen de VOC een overwicht, maar in het college van de Heeren Zeventien, waaraan het centrale bestuur is toevertrouwd, geen absolute meerderheid. Daar waar de VOC handelsbetrekkingen onderhoudt is zij gemachtigd verdragen te sluiten, forten te bouwen en ambtenaren aan te stellen.

Een centrale leiding in Azië ontbreekt tot de Heeren Zeventien in 1609 besluiten om een gouverneur-generaal aan te stellen en een Raad van Indië op te richten. Pieter Both (1550-1615) is een koloniaal bewindsman, die stamt uit een Amersfoorts regentengeslacht. Van 1599 tot 1601 is hij admiraal van een van de handelscompagnieën in Nederlands Oost-Indië. In 1609 wordt Both de eerste gouverneur-generaal. Tot 1614 voert hij het bewind. De invoering van de nieuwe bestuursvorm, uitbreiding en bevestiging van de Nederlandse belangen in de Molukken, het aanknopen van betrekkingen met onder meer de Coromandelkust en de keuze van Jacatra als toekomstig hoofdkwartier voor de Compagnie, behoren tot zijn voornaamste daden. Aan zijn bewind komt een voortijdig einde door verdrinking tijdens een schipbreuk. Aan de behoefte aan een vaste en veilige zetel voor de centrale leiding wordt voldaan als in 1619 Jan Pietersz. Coen Jacatra verovert en Batavia (het huidige Jakarta) sticht. De compagnie is in de eerste plaats een handelslichaam. Op de specerijen van de Molukken, waar de VOC na 1650 een alleenheerschappij heeft, worden naar verhouding de grootste winsten behaald. De op Voor-Indië gedreven 'lijnwaadhandel' (katoenen en zijden stoffen) is eveneens van belang. In de loop van de achttiende eeuw wordt de koffie uit Java een lucratief stapelproduct op de Amsterdamse markt. Om haar positie te handhaven tegenover concurrenten en inheemse vijanden treedt de VOC als militaire macht op en oefent zij soevereine rechten uit, voor het eerst in 1605 te Ambon. De tegenstrijdigheid in verantwoordelijkheden en na terugval van resultaten, het uitkeren van te hoge dividenden bezwaard de compagnie uiteindelijk met een grote schuldenlast. Bij het uitbreken van de Vierde Engels-Nederlandse Oorlog in 1780 blijkt het krediet van de VOC geheel verdwenen te zijn. Door tussenkomst van de staat wordt een faillissement voorkomen. Nadat in 1790 een staatscommissie voor de zaken van de Oost-Indische Compagnie is opgericht, wordt in 1796 het bestuur vervangen door een Comité voor de zaken van de Oost-Indische handel en bezittingen. Bij de staatsregeling van 1798 wordt de compagnie met haar baten en schulden door de staat overgenomen. Gedurende de twee eeuwen van haar bestaan is de VOC de grootste handels- en scheepvaartonderneming ter wereld. Het bedrijf heeft 1500 schepen in de vaart gehad en biedt in bijna tweehonderd jaar aan meer dan één miljoen mensen werk in Nederland en Azië. Gedurende meer dan een eeuw (1600-1730) groeit het aantal schepen dat wordt uitgezonden. Na het decennium 1720-1730 waarin het hoogste aantal van 382 uitgerede schepen wordt bereikt treedt een geleidelijk verval in. Gedurende gehele periode van haar bestaan wordt 4720 maal een schip uitgerust voor de vaart op de oost.

De betekenis van het VOC handels- en scheepvaartbedrijf laat zich goed illustreren in vergelijking met het aantal uitgeruste schepen voor de vaart op Azië in de zeventiende en achttiende eeuw door een aantal Europese zeevarende naties:³¹

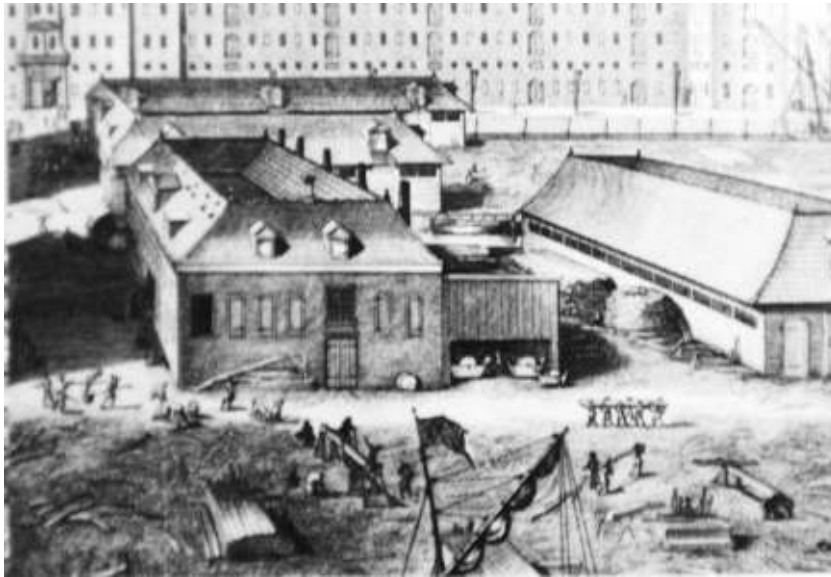
	17 ^e eeuw	18 ^e eeuw
Nederland	1770	2950
Engeland	811	1865
Frankrijk	155	1300
Portugal	193	193
Denemarken	54	234

De VOC heeft voor de uitrusting van haar schepen veel ijzerwerk nodig, zowel ten behoeve van de tuigage als ten behoeve van de bewapening. Voor de bouw en het tuigen van schepen bezit de VOC op Oostenburg te Amsterdam een grote en zeer goed geoutilleerde werf. Een plattegrond uit de achttiende eeuw laat zien dat de werf drie hellingen bezit en een uitgebreid aantal werkplaatsen waaronder een smederij. In een scheepsromp worden grote hoeveelheden ijzer verwerkt. In een schip van 150 á 160 voet al gauw 80 tot 90.000 pond. De smederij komt in 1663 tot stand na aanvankelijk verzet van het smedengilde en het stadsbestuur. Met vijf schoorstenen en achttien vuren is de smederij er een van ongekeerde omvang en kan zij, zeker voor die tijd, als een

³⁰ L. Akveld en E.M. Jacobs, *De kleurrijke wereld ...* p. 12

³¹ F.S. Gaastra en J.R. Bruijn, *The Dutch East India Company's Shipping ...* p. 183

zeer groot ijzerverwerkend bedrijf worden gezien. De smederij maakt niet alleen producten ten behoeve van de scheepsuitrusting, maar ook ijzerwaren ten behoeve van overzeese vestigingen. In 1707 wordt een deel van de smederij ingericht tot ankersmederij en is de werf ook in staat dit zware materiaal in eigen beheer te vervaardigen. Volgens een lijst uit 1750 zijn er in de smederij 90 werklieden werkzaam die daarmee, na de timmerwerf, de grootste afdeling is.³²



De smederij op de VOC-werf te Amsterdam. Met zijn vijf schoorstenen en achttien vuren is het bedrijf van een ongekende omvang. Detail van een gravure van Joseph Mulder uit de eerste helft achttiende eeuw.

De behoefte aan ijzerwaren bij de VOC overtreft echter verre de capaciteit van de smederij, zodat naast de eigen productie verschillende soorten ijzerwaren worden ingekocht. Het ijzerwerk en het hang- en sluitwerk aan de werfgebouwen wordt verzorgd door een Amster-

damse meesterslotenmaker. Grote hoeveelheden spijkers, in manden aangeleverd, komen hoofdzakelijk uit Luik. In het midden van de achttiende eeuw wordt bij meerdere leveranciers ingekocht, maar scheepsbeslag, sloten, bankschroeven, dommekrachten, vijlen, ankerbanden, aambeelden en zaagbladen worden geleverd door de groothandelaarster Sara Obbens. Zij is de weduwe van Abraham van der Valck, die een ijzerwinkel drijft aan de Leidsestraat.³³ Obbens zet de groothandelsactiviteiten van haar echtgenoot voort en de firma Van der Valck heeft een langjarige relatie met de werf. Het stafijzer dat de smederij gebruikte om producten van te smeden wordt vrijwel uitsluitend uit Zweden betrokken van bedrijven in handen van de ondernemersfamilie De Geer. De levering van geschut is in handen van twee firma's. Het bronzen geschut wordt geleverd door de Landsgeschutgieterij te Amsterdam. Het ijzeren geschut wordt via een handelshuis betrokken uit de door De Geer opgerichte gieterij in Finspång in Zweden.³⁴ De Nederlandse handelsschepen zijn bewapend met gotelingen van verschillend gewicht. Gegoten en gesmeed boordgeschut, zogenaamde steenstukken, behoort eveneens tot de normale bewapening en is vooral bedoeld voor het gevecht van dichtbij om tuigage te beschadigen en bemanning uit te schakelen. De schepen van de VOC en WIC (West Indische Compagnie) voeren doorgaans met een zwaardere bewapening dan de schepen in de Europese handelsvaart. De zwaardere gegoten bronzen stukken zijn vergeleken met gotelingen duurder, maar ook duurzamer. Voor de handelsvaart over grotere afstanden, dus naar de oost en de west, zijn vanwege de duurzaamheid bronzen kanonnen op langer termijn efficiënter.³⁵

octrooien

In historische zin is een octrooi (in Engeland en Duitsland: patent) een van overheidswege verleende vergunning, concessie of monopolie om een bepaald werk uit te voeren of in een zeker ressort een

³² J. Gawronski, *De Equipage van de Hollandia en de Amsterdam* (Amsterdam 1996) p. 89-91

³³ J. Gawronski, *De Equipage...* p. 281

³⁴ J. Gawronski, *De Equipage...* p. 183

³⁵ M. de Jong, *'Staat van oorlog' ...* p. 107

bedrijf uit te oefenen of handel te drijven. Tegenwoordig heeft een octrooi en beperktere betekenis: het exclusieve recht met betrekking tot een uitvinding. De octrooiverlening in de late middeleeuwen en de vroegmoderne tijd past bij een soeverein bestuur. Het is de vorst die het octrooi verleent met het oogmerk van een bewuste economische politiek. Gewoonlijk gaat het om het uitvoeren van een bepaald werk, zoals het oprichten en in functie houden van een fabriek of molen, het droogleggen van een meer of het privilege van het recht tot handel. Zo is in 1495 aan het Vlaamse St. Omer het recht verleend om de gevangen zeevis op afslag te verkopen, terwijl in hetzelfde jaar aan een Florentijnse koopman een monopolie voor vijf jaar wordt verleend voor verkoop van aluin in de Nederlanden. Van de mogelijkheid om dergelijke monopolies te verlenen is wel gebruik gemaakt ten behoeve van gunstelingen of om de staatskas te vullen, maar meestal worden de octrooien verleend met als doel de welvaart te bevorderen door nieuwe bestaansmogelijkheden te openen. Het octrooi is ook een wervingsmiddel om het voor vaklieden van elders aantrekkelijk te maken zich te vestigen. Als voorbeeld: tussen 1533 en 1580 krijgen 117 Italianen in Antwerpen burgerrecht. Het gaat om tal van 'nieuwe' takken van nijverheid, zoals scharlakenververij, aardewerkindustrie, spiegelmakerij, suiker Raffinage en zeepziederij. Het product of vaker de productiemethode is nieuw voor de plaats van vestiging, niet voor het land van herkomst van de arbeidsmigranten. Vindt de afgifte van octrooien in het begin van de zestiende eeuw nog maar spaarzaam plaats, in de tweede helft van de eeuw komt er een regelmatigere afgifte op gang. Na de afzwering van het Spaanse gezag in 1581 wordt het afgeven van octrooien door de Staten-Generaal of door de Staten van de provincies uitgevoerd.³⁶ In ruim 250 jaar worden in de Nederlanden tegen de 700 octrooien verleend. Negentien daarvan hebben betrekking op ijzerwinning, staalbereiding, gieten met ijzer of het maken of repareren van ijzeren producten, al dan niet in combinatie. Deze negentien octrooien zijn verleend in de periode 1580-1679. Meer specifiek gaat het om zeven octrooien ten behoeve van het gieten met ijzer, waarvan drie uitgesproken voor het gieten van ijzeren kanonnen. Een opvallend aantal is ook de elf verleende octrooien ten behoeve van staalbereiding. Los van de vraag of het ook daadwerkelijk tot productie is gekomen, toont het aan dat er een markt is voor producten van ijzer en staal. Voorzover er iets bekend is van de aanvragers van de octrooien gaat het, op een enkele uitzondering na, om ondernemers en niet om uitvinders of technici. Dat mag blijken uit het feit dat een belangrijk aantal aanvragers vaker dan éénmaal een octrooi heeft verkregen met een geheel verschillend karakter. De sociale achtergrond van de meeste aanvragers vertoont een sterke overeenkomst: koopman, reder of bestuurder vaak uit adellijke kring. Het belang van ijzer en de winsten die er uit verkregen kunnen worden maakt dat het, ook in de zestiende en zeventiende eeuw, een zaak van de elite is.

De Ankerwerf van de VOC aan de Nieuwe Vaart in Amsterdam. De ophaalbrug ligt over de Oosterburgergracht. Naar een tekening van Jacobus Kops Goedschalksz. uit het derde kwart van de achttiende eeuw.



³⁶ G. Doorman, *Octrooien voor uitvindingen in de Nederlanden uit de 16^e – 18^e eeuw* (Den Haag 1940) p. 5-14

Floris Aelewijn, handelaar te Antwerpen, geniet de eer van het eerst verleende octrooi ten behoeve van een ijzerwinning. In 1580 wordt dit octrooi toegekend door de Rekenkamer van Brabant te Brussel.³⁷ Uit de aanvraag van de koopman blijkt een tekort aan ijzer doordat de import uit Luik, Namen en Henegouwen is stil komen te liggen. IJzer is derhalve schaars en duur, terwijl de behoefte vanwege de oorlog sterk is toegenomen. Aelewijn beweert ijzer te kunnen vervaardigen, dat beter is dan uit de voornoemde provincies, door een uitvinding door hem gedaan. Hij krijgt een octrooi voor 20 jaar, maar of hij ook daadwerkelijk tot ijzerfabricage is gekomen is niet bekend.³⁸ Erg waarschijnlijk is dat niet. Aelewijn moet zeer waarschijnlijk na de val van Antwerpen de wijk nemen en verblijft daarna in Amsterdam. In 1601 volgen twee octrooien, één voor de duur twaalf jaar gezamenlijk aan Syvert Meynaartsz. van Duynen, woonachtig in Rotterdam en Steven Gerritsz. woonachtig in Dordrecht en één aan Jacob Jansz van Aecken (ook bekend als Jacob van Aken), burger en stadstimmerman (1592-1604) van de stad Kampen. Van Aecken krijgt een octrooi voor de duur van 25 jaar om met: “maniere van wint ende watermolen... daermede bequaemelijck ende tot veel minder costen, ende moeyten voortaan by den viere gesmolten, gehert, geweekt, schoongemaect, geraffineert, toegemaect, ende gefatsonneert soude connen worden alderhande coeper, aecker, yser, stael, blick, messinck, ende diergelycke herde ende weecke metalen.”³⁹ Kennelijk is het doel van Van Aecken het stichten van een molen die een grote variatie aan metalen kan verwerken, zowel door stampen, smeden als gieten. Als de Raad van de stad Kampen instemt met de bedrijfsvestiging dan heet de onderneming ‘Coepermoele’⁴⁰ en er wordt niet met ijzer gewerkt, laat staan met ijzer gegoten. Hij mag de molen bouwen op ‘de berch bij de Boven Iselltoern’, dat wil zeggen op de oude molenberg bij de muurtoren aan de IJssel, nabij de Venepoort. In 1605 is zijn bedrijf, dat hij omschrijft als ‘een wyntmoelen om coeper op te slaen’, een dusdanig succes geworden dat hij aan de exploitatie ervan de voorkeur geeft boven zijn werkzaamheden als stadstimmerman.⁴¹ Het lijkt er dus op dat bij de aanvraag van het octrooi ‘de ogen van Van Aecken, groter zijn dan de maag’ en hij dus meer vraagt dan hij waar kan maken.



Zinneprent uit de zeventiende eeuw van A. van der Laan op de uitvinding van de houtzaagmolen door Cornelis Cornelisz. van Uitgeest. Voor de toepassing van het principe van de krukas in een zaagmolen, krijgt Van Uitgeest in 1597 een octrooi van de Staten van Holland. De productiviteit van de houtzagerij wordt met de krukas sterk verbeterd.

De aanvraag van de kooplieden Van Duynen en Gerritsz. betreft: “Conste van yseren geschut te gieten op de maniere van Engelandt, ...”. In hun aanvraag spreken ze over ijzeren kamerstukken met een gewicht

³⁷ Het toenmalige Brabant gelegen in de Zuidelijke Nederlanden, thans Vlaanderen. In Brussel zetelde de Rekenkamer als representant van de koning van Spanje.

³⁸ G. Doorman, *Octrooien voor uitvindingen...* p. 86

³⁹ G. Doorman, *Octrooien voor uitvindingen...* p. 106

⁴⁰ G.A. Kampen, Oud Archief inv. nr. 23, f. 120v (1601)

⁴¹ J.C. Kolman, *Naer den eisch van 't werck: de organisatie van het bouwen te Kampen, 1450-1650* (Utrecht 1993) p. 249

van ca. 725 pond, die kogels van tien pond verschietsen. Ook is het mogelijk stukken te gieten voor het verschietsen van kogels van 18 of twintig pond. De “camerstukken” zouden geschikt zijn om op schepen te worden gebruikt. Ten bewijze van hun kunnen hebben ze een tweetal stukken ter vertoning bij zich. Wat ze laten zien is echter gegoten in Westfalen. Hoewel de tekst in de aanvraag voor het octrooi suggereert alsof de beide kooplieden voornemens zijn hier te lande gotelingen te fabriceren gaat het hun om de verkooprechten van elders gegoten geschut. Van Duynen is koopman met een dominante positie in de buskruithandel. Hij bezit een buskruitmolen in Rotterdam, die vanaf 1600 op contractbasis duizenden ijzeren kogels laat fabriceren in Luik en Brunswijk. Zijn belang voor het octrooi van de gotelingen blijkt uit het Notarieel Archief van Rotterdam. Van Duynen is eigenaar is van “zeeckere huttewerck, met 't hout, berchwerk, ende andere toebehoorten vandyen, gelegen tot Gebelinchuysen in het 't Westphaelsche quartier des Stichts van Coelen”.⁴²

In 1619 is het de beurt van Jan Andriesz Moerbeek om een octrooi voor de duur van 12 jaar te krijgen voor het gieten van ijzeren geschut in eigen land in plaats van in Engeland en het importeren van materialen uit de mijnen. Moerbeek heeft in 1611 al een octrooi voor vijf jaar verkregen voor het bedrukken van behang. De werkzaamheden laat hij echter op contract uitvoeren door anderen. Moerbeek is een koopman met relaties in regeringskringen. Hij heeft regelmatig contact met de Staten-Generaal over verschillende aangelegenheden. In 1628 gaat hij op verzoek van de Staten op een diplomatieke reis naar Spanje voor het vrij krijgen van gevangenen. Hij doet dat op eigen kosten mits de Staten hem vergunning verlenen enige handel te drijven. Vier jaar eerder heeft hij zijn interesse in staatszaken al laten blijken met het uitgeven van een pamflet waarin hij pleit voor het onmiddellijk veroveren door de West-Indische Compagnie van Brazilië op de Spanjaarden. Hoe actief Moerbeek ook mag zijn, er is niets waaruit blijkt dat hij ook daadwerkelijk binnen Nederland ijzeren geschut heeft gegoten of heeft laten gieten.

Andries Palmaert te Den Haag krijgt in 1621 een octrooi voor acht jaar, maar met de beperking dat binnen een jaar het bedrijf moet functioneren, anders vervalt het octrooi. De aanvraag gaat om het verwerken van oud ijzer tot stafijzer, plaatijzer en eerste kwaliteit gietijzer. Palmaert is notaris en treedt regelmatig op als procureur. In die hoedanigheden heeft hij regelmatig contact met de Staten-Generaal. In 1629 treedt hij op als procureur voor ene Pieter Denysz, koopman en reder van onder meer de bekende kapitein Bontekoe. Denysz is geen onbekende onder de belanghebbende van handel en verwerking van ijzer en staal. In 1626 maakt hij zonder succes bezwaar tegen een octrooiverlening ten behoeve van een staalbereiding aan Mr. Andries Selarius te Amsterdam. In 1627 krijgt Denysz een octrooi voor tien jaar voor een hamerwerk, met paard of wind gedreven, voor zwaar koper en ijzerwerk. De aanvraag is multifunctioneel want de molen kan ook gebruikt worden voor het slaan van olie of het kloppen van hennep. Vier jaar later verwerft hij ook nog een octrooi voor het maken van kardoezen. Waaruit mag blijken dat ook toen het wereldje van belanghebbende klein is. Door de beperking van een jaar en het feit dat Palmaert het handwerk niet zelf ter hand genomen zal hebben is het twijfelachtig of het octrooi ook daadwerkelijk tot uitvoering is gekomen.

Het duurt dan bijna zestig jaar aler opnieuw een octrooi wordt verleend voor het gieten met ijzer. In 1679 krijgt Jasper van Erpicum te Middelburg een octrooi voor de duur van 15 jaar voor het gieten van metalen of ijzeren kamers voor grof geschut. Volgens de aanvrager wordt het geschut lichter en kan het met minder buskruit toe zonder verlies aan vuurkracht. Erpicum is klokkengieter, die ook kanonnen heeft gegoten. In ieder geval is er een bronzen kanon uit 1694 van hem bekend. Het is dus heel goed mogelijk dat hij kamers van metaal heeft gegoten zoals in het octrooi bedoeld. Of hij ook geprobeerd heeft om ze van ijzer te gieten is niet bekend.

het eerstgeboorterecht

Enkele auteurs met betrekking tot de geschiedenis van de ijzerindustrie hebben de opvatting dat reeds in de zeventiende eeuw op een enkele plaats in Nederland met ijzer is gegoten. Zo weet Calle-

⁴² W.A.H. Crol, 'De kruitmolen aan de Schie', in: *Rotterdams Jaarboekje 1951*, p. 196-200

waert, dat “De eerste zelfstandige gieterij waarvan met zekerheid bekend is dat ze gietijzeren producten heeft vervaardigd was een in 1619 in Amsterdam opgerichte geschutgieterij. In de eerste helft van de zeventiende eeuw moet er nog een aantal van deze ijzergieterijen zijn geweest”.⁴³ Callewaert onderbouwt deze stellige bewering niet en geeft ook geen bronvermelding op. Uit zijn literatuuropgave blijkt dat hij gebruik heeft gemaakt van de nog altijd als standaardwerk te beschouwen publicatie van Westermann.⁴⁴ Westermann is overigens heel wat voorzichtiger in zijn vermelding: “in ons land is pas voor de eerste helft der zeventiende eeuw het bestaan van eenige ijzergieterijen voor het vervaardigen van geschut en kogels waarschijnlijk te maken. Een acte van 1619 toont, dat een te Amsterdam opgerichte compagnie voor het gieten en verhandelen van geschut zich ook bezighield met “t incoopen oft ’t becomen van yser ende, tot ’t geschut met dies aanleeft, van noode.” In een tweede voorbeeld geeft hij er zelfs de naam bij van ene Palmaert te ’s-Gravenhage die in 1621 een octrooi verkrijgt om oud ijzer om te smelten en te verwerken tot ‘goet bequaem yser, als staven, barren, platen ende anderssints.” Het zijn derhalve twee voorbeelden resp. gebaseerd op een octrooi en op een overeenkomst. Op zich vormt dit geen bewijs dat er ook daadwerkelijk met ijzer is gegoten, laat staan voor een geregelde bedrijfsvoering van een ijzergieterij. Voor de stellige bewering van Callewaert, dat er in de eerste helft van de zeventiende eeuw nog een aantal van deze ijzergieterijen zijn geweest is weinig grond. Algemeen wordt aangenomen dat de vestiging van de hoogoven van Olmius aan de Bielheimerbeek te Gaanderen in 1689 het eerste bedrijf in Nederland is wat gietijzer produceert en er voorwerpen van giet. De mogelijkheid dat reeds in het begin van de zeventiende eeuw met ijzer is gegoten zou het eerstgeboorterecht van de Bielheimer ijzermolen te niet doen en is uit historisch oogpunt dan ook de moeite waard te onderzoeken. We hebben als vertrekpunt de volgende aanwijzingen: 1619 te Amsterdam en 1621 Palmaert te Den Haag. Het gaat om een octrooi verleend door de Staten-Generaal en een overeenkomst vastgesteld ten overstaan van notaris Fr. van Banchem te Amsterdam.

Een octrooi verlenen, of een overeenkomst aangaan is één ding, maar daadwerkelijk een bedrijf oprichten en de beoogde productie starten is iets geheel anders. Het is dus noodzakelijk een weg te vinden om na te gaan of het verleende octrooi of de aangegane overeenkomst ook daadwerkelijk tot uitvoering is gebracht om de beweringen van voornoemde auteurs te staven of te weerleggen.

Met de jaren 1619 en 1621 bevinden we ons in de Tachtigjarige Oorlog en het ligt voor de hand dat de behoefte aan wapens groot is. Het ligt eveneens voor de hand, dat indien er inderdaad met ijzer is gegoten, dat ten behoeve van de wapenproductie is en meer specifiek het gieten van kanonnen. Er is tegen het eind van de zestiende eeuw sprake van een opkomende wapenindustrie, waaronder geschutgieterijen. In een aantal steden wordt er door de stedelijke overheid een busmeester aangesteld.

Door de Staten worden, te beginnen in Den Haag, landsgeschutgieters benoemd en er worden in de steden waar een Admiraliteit zetelt landsgeschutgieterijen actief. Deze gieterijen zijn echter bronsgieterijen, waar naast geschut ook klokken en vizels en andere bronswaaren worden gegoten tot standbeelden toe. Het is echter voorstelbaar dat we juist in deze geschutgieterijen, met de aanwezige kennis van de giettechniek, de eerste pogingen van gieten met ijzer moeten zoeken. Een andere bron voor nader onderzoek zijn de afgegeven octrooien door de Staten voor nieuwe bedrijfsvestiging. De opkomende handelsvaart en met name de VOC hebben eveneens behoefte aan ijzerwaren voor hun scheepsuitrusting, maar ook ten behoeve van bewapening.

Ik heb een afzonderlijke studie gemaakt (zie: *Geschutgieters en geschietgieterijen in Nederland*) naar de bedrijven die zich bezighielden met het gieten van geschut en wordt ingegaan op hun activiteiten gedurende de zeventiende eeuw. Er is echter geen enkele aanwijzing te vinden, al is het maar bij wijze van proef, dat er ook maar één poging is gedaan om met ijzer te gieten. Alhoewel de bronsgieterij gelijkaardig is aan de ijzergieterij, vereist de laatste toch meer aan techniek dan de eerste, wat vooral wordt veroorzaakt door het feit dat voor smelten van ijzer een beduidend hogere temperatuur nodig

⁴³ A.R.J.R. Callewaert, ‘De Nederlandse metaalindustrie’ in: *Basis-metaal-, metaalproductenindustrie en Scheepsbouw. Een geschiedenis en bronnenoverzicht* (Amsterdam 1992) p. 27

⁴⁴ J.C. Westermann, *Geschiedenis van de ijzer- en staalgieterij in Nederland* (Utrecht 1948) p. 33

is. Om deze temperatuur te bereiken is een blaaswind nodig, die in de regel wordt opgewekt met waterkracht. Dat laatste is niet voorhanden op de plaatsen waar de geschutgieterijen zijn gevestigd.



Het Admiraliteyts hof van de Admiraliteit op de Maze. De Admiraliteit op de Maze is eerst in het Prinsenhof (voormalig St. Agnietenklooster) gevestigd, maar krijgt in 1644 een nieuw gebouw aan het Haringvliet. Hier worden de schepen uitgereed en zetelt de ontvanger van convoien en licenten. Gravure van Romeyn de Hooghe, naar een tekening van J. de Vou uit 1694.

Wat daarnaast opvalt is dat geen enkele aanvraag voor een octrooi om met ijzer te gieten afkomstig is van een geschutgieter of bussenmeester, zodat een relatie tussen octrooiaanvragers en het geschutgietersbedrijf ontbreekt. De bij de wapenhandel betrokken kooplieden hebben er weinig tot geen belang bij, dat er in de Nederlandse geschutgieterijen met ijzer wordt gegoten. In de eerste plaats heeft een aantal, met name De Geer, Trip, Van Duynen en Gerards belang bij de handel in koper en tin, noodzakelijk voor de bronsbereiding en derhalve bij de continuering van de bronsgieterij. Mogelijk nog belangrijker is het grote belang dat de genoemde personen hebben in buitenlandse hoogovens en ijzergieterijen. De belangen in de Europese ijzerindustrie is bij de Nederlandse elite wijdverbreid. In 1566 richt Willem van Oranje te Vianden de eerste hoogoven van Luxemburg op. Uit Siegen, waar de Nassau's al vele jaren belangen hebben in de ijzerindustrie, laat hij vakbekwaam personeel overkomen. Nog in hetzelfde jaar confisceert Philips II Oranjes bezittingen en komt het bedrijf stil te liggen. Oranje krijgt zijn bezittingen later wel terug, maar de hoogoven wordt niet meer opgestart. De hoogoven bevond zich op de plaats waar nu de begraafplaats van Vianden is te vinden. Ook lagere adel heeft belang bij ijzergieterijen. In het archief van notaris Van Warmerhuizen te 's-Gravenhage bevinden zich twee akten waaruit blijkt dat Walraven baron van Gent van Oyen reeds in 1619 aandeel heeft in een "gemeenschap van negotie van het gieten zoo van gotelingen of ander ijzer geschut als van cogels ende allerlei iserwerck in de steden van Brieion, Berch, alle int Graefschap van der Lippe, ende plaetsen daaromtrent gelegen".⁴⁵ Een consortium bestaande uit Cornelis en Consta-

⁴⁵ L.F. van Gent, 'Walraven baron van G(h)en(d)t van Oyen (1572-1644)', in: *Gelre* (Arnhem 1940) deel XL, p. 277-278

tijn van de Bogaerde, Elias van Geel, Paulus Auleander en Reynier Caldenberch krijgt in 1620 een octrooi om vanuit hun gieterij in Marsberg in Westfalen en Waldeck ijzeren geschut te importeren. Voordat zij bij de Staten-Generaal dit octrooi aanvragen, is er al octrooi verleend door de aartsbischop van Keulen. Later krijgt het consortium ook nog een octrooi van de graaf van Lippe. Ze zijn geen uitzondering. De vorsten van de prinsdommen van Waldeck en Hessen verlenen in de eerste decennia van de zeventiende eeuw aan verschillende Nederlandse kooplieden vergunning en privileges voor het bezit en beheer van geschutgieterijen met als oogmerk een betrouwbare productie van gotelingen van hoge kwaliteit.⁴⁶ Op langere termijn is de import van gotelingen uit Duitsland geen succes. De tegenwerking van Elias Trip is hier waarschijnlijk debet aan. Trip zorgt met een uitstekend verkoopnetwerk voor het leeuwendeel van de benodigde gotelingen uit Engeland ten behoeve van de admiraliteiten en de VOC. Trip heeft evenals Van de Bogaerde c.s. plannen om vanuit Westfalen ijzeren geschut te importeren, maar het octrooi wordt aan Van de Bogaerde c.s. verleend voor de duur van twaalf jaar met een uitsluitend recht. Trip wordt verboden hen in Westfalen te hinderen of werkvolk weg te kopen.⁴⁷ Vanaf 1615 importeert Trip met succes ijzeren geschut uit Zweden, samen met Gerards en De Geer. Dit consortium pacht en bezit rond 1630 verscheidene ijzermijnen, ijzermolens en factorijen (onder meer Danemora, Finspång en Åkerby) en hebben in Zweden honderden geschoolde werklieden uit Wallonië en het prinsbisdom Luik aan het werk. Op massale schaal worden ijzeren kanonnen, munitie, koper en staafijzer naar de Republiek geëxporteerd. Dit alles overziend kan er moeilijk een andere conclusie worden getrokken, dan dat er weinig behoefte is om in Nederland aan de slag te gaan met het gieten van ijzer. Het is in geen enkel opzicht in het belang van de Nederlandse wapenhandelaren met hun belangen in buitenlandse productiebedrijven, dat er Nederland met ijzer wordt gegoten.

Bij de aanleg van het fietspad langs de Kerkstraat in Gaanderen (gemeente Doetinchem) in 1986 worden ijzerslakken, gietmallen en houtskoolresten aangetroffen. Op deze locatie stichtte in 1689 Josias Olmius de Rekhemse ijzermolen. Het is eerste ijzermolen in Nederland. Deze plek is derhalve de geboorteplaats van de Nederlandse ijzerindustrie. (foto: Dina)

Dat belang hebben ze wel bij de geschutgieterijen in ons land, die immers het door hen geïmporteerde koper en tin gebruiken. Technisch lastig, geen aanwijzingen bij de geschutgieterijen en octrooien die niet zijn uitgevoerd binnen de daarvoor gestelde tijd of bedoeld zijn voor een exclusieve positie in de handel met het buitenland en bovenal in strijd zijn met de belangen van de grote wapenhandelaren. Op grond hiervan kunnen we vaststellen, in tegenstelling tot wat Westermann vermoedt en Callewaert zeker weet, dat er vóór 1689 in Nederland niet met ijzer is gegoten. Het eerstgeboorterecht ligt dus bij de ijzermolen van Josias Olmius in het Onland aan de Bielheimerbeek in de buurt van Gaanderen in de Achterhoek.



⁴⁶ M. de Jong, 'Staat van oorlog'... p. 210

⁴⁷ G. Doorman, 'Octrooien voor uitvindingen ... p. 144

Heren, paupers en meesters

*in alle staten: Gelderland en Overijssel
armoede en bedelarij
de smedengilden*

De Republiek der Zeven Verenigde Nederlanden bestaat sinds 23 januari 1579 (Unie van Utrecht) uit zeven provincies: Holland, Zeeland, Utrecht, Gelderland, Groningen, Overijssel en Friesland. De Republiek is een 'statenbond'. De provincies zijn zelfstandig en hun privileges worden gewaarborgd. De afvaardigingen uit de provincies – variërend van 2 tot 15 personen - vormen als Staten-Generaal het bestuur van de Republiek. De bevoegdheden van de Staten-Generaal liggen voornamelijk op het terrein van de buitenlandse politiek en de landsverdediging. Aan de 'Gedeputeerde' uit de Staten-Generaal worden de lopende zaken toevertrouwd. De uitgaven zijn naar rato over de provincies verdeeld. Besluiten in de Staten-Generaal kunnen alleen met algemene stemmen worden genomen. Het verzet van slechts één provincie verhindert een besluit. De afgevaardigden zijn gebonden aan hun lastbrieven, die zij van hun lasthebbers hebben meegekregen. Feitelijk wordt de Republiek bestuurd door de adel en de patriciërs uit de steden, die tezamen een oligarchie van omstreeks 2.000 soevereine heren omvat. Holland - en daarbinnen Amsterdam - heeft het overwicht. In aanvang is de band



tussen de zeven provincies verre van hecht. Het is niet veel meer dan een aaneensluiting tegen een gemeenschappelijke vijand. De naijver van de steden verhindert het instellen van een degelijk centraal bestuur. Zo bestaat er geen algemeen hooggerechtshof en heeft elke provincie en iedere stad recht op vertegenwoordiging in het buitenland. De Unie wordt niet uitgebreid met de later op de Spanjaarden veroverde gebieden. Delen van Gelderland, Brabant en Vlaanderen alsook Drente blijven verstoken van vertegenwoordiging in de Staten-Generaal en worden door de Staatsraad als generaliteitslanden geregeerd. De laatste bijeenkomst van de Staten-Generaal vindt plaats op 1 maart 1796 de dag waarop zij plechtig hun bevoegdheden overdragen aan de Nationale Vergadering.

in alle staten: Gelderland en Overijssel

De provincies zijn bestuurlijk opgedeeld in kwartieren. Gelderland is onderverdeeld in de kwartieren Arnhem of Veluwe, Nijmegen en Zutphen. Ook Overijssel kent drie kwartieren: Vollenhove, Salland en Twente. De kwartieren in de twee provincies zijn van een verschillend karakter. In Gelderland kennen

zij elk hun eigen statenvergadering of kwartierdag, die tezamen de staten van de provincie vormen en bijeenkomen in de jaarlijkse landdag. In Overijssel zijn de kwartieren meer lokale onderafdelingen zonder zelfstandigheid. Ondanks het ontbreken van een 'centraal bestuur' staat de bestuurs- en rechtszorg in de Republiek op een hoog peil. De besluitvorming is omslachtig, maar heeft als voordeel dat alleen door gedachtewisseling en argumentatie tot zaken kan worden gekomen. De paar duizend burgers met een aanzienlijke positie in de steden, zijn geoefend om het overleg efficiënt te laten verlopen. De bestuurlijke organisatie van steden en andere organen, zoals de waterschappen, gelden als de beste van Europa. De stadssecretarissen genieten een reputatie van goede administrateurs.⁴⁸ Gedurende de Republiek zijn er slechts geringe veranderingen in het bestuur en de rechtspraak van Gelderland. Er zijn 13 steden met hun vertegenwoordiging en de gewone adel is vertegenwoordigd. De kwartieren behouden hun afzonderlijke status met een eigen statenvergadering en op toerbeurt komt de Provinciale Staten bijeen in één van de drie hoofdsteden. De rechtspraak berust in de steden bij de schepenbank zonder recht van appèl. Het platteland is in ambten verdeeld, die elk hun 'bank' hebben met ridders en geërfden, geleid door een ambtman of drost. Eerst in de achttiende eeuw erkennen de Gelderse steden het recht van appèl bij het hof te Arnhem.⁴⁹

Titelblad van het Wetboek van het Gelders Overkwartier uit 1620. Het wetboek bevat het burgerlijk recht en het strafrecht. De titelpagina is een ontwerp van Peter Paul Rubens.

De Overijsselse Statenvergadering, op toerbeurt bijeenkomend in één der drie grote steden, bestaat uit een afvaardiging uit Deventer, Zwolle en Kampen – de kleinere steden zijn er nooit in geslaagd een zetel te krijgen in de Staten - elk met één stem en een veertigtal edelen wiens stemmen tezamen ook voor drie tellen. Vaak is de tegenstelling tussen de steden en de edelen niet te overbruggen en geeft het besluit van de stadhouder de doorslag. De steden zijn juridisch onafhankelijk. De verdeling in kwartieren en schoutambten met een eigen drost, landrecht en schouten blijft tot 1795 bestaan.⁵⁰

De marken – waarvan de betekenis ligt in de onverdeelde grond - is op het platteland de oorspronkelijke bestuursvorm. De geërfden bezitten op de jaarlijkse markedag het spreek- en stemrecht. Op de markedag worden regels vastgesteld, conflicten beslecht en boeten en straffen opgelegd. In de eerste helft van de middeleeuwen zijn vele marken teniet gegaan of onder beheer gekomen van een grondheer. Er komen ook nieuwe marken bij, daar waar grondeigenaren er belang bij hebben om bevolking naar hun bezittingen te lokken. Het toekennen van markerechten is het lokmiddel. Het is echter meer in de regel dat de marken worden verdeeld en de grond in particuliere handen komt. Nog tot laat in de achttiende eeuw zijn er op de zandgronden van Gelderland, Overijssel en Drente vele dorpen met markegronden binnen hun grenzen. Tijdens de Bataafsche Republiek wordt actie ondernomen om de markegronden te verdelen of te naasten ten behoeve van de Staat. Het heeft geen direct succes, maar uiteindelijk komen de mar-



⁴⁸ G. Verwey, *Geschiedenis van Nederland. Levensverhaal van zijn bevolking* (Amsterdam 1989) p. 471

⁴⁹ H.A.Enno van Gelder, 'Gelderland' in: *Winkler Prins Algemeene Encyclopaedie* (Amsterdam 1935⁵) Deel 8 p. 51

⁵⁰ H.A.Enno van Gelder, 'Overijssel' in: *Winkler Prins Algemeene Encyclopaedie* (Amsterdam 1935⁵) Deel 13 p. 270

kegronden in privaat bezit. In 1886 komt de Markewet tot stand, welke tot doel heeft het bevorderen van de ontginning van woeste gronden door omzetting van gemeenschappelijk- in particulier bezit.

armoede en bedelarij

Omstreeks 1650 treed in de landbouw, ondanks een hogere productie vanwege verbeterde landbouwmethoden, een recessie in. De voornaamste oorzaak is de beperkte afzet onder de de gegoede burgerij. De lagere klassen, zowel in de stad als op het platteland, kunnen niet profiteren van de grotere productie, omdat de prijs van graan twee tot driekeer zo hoog wordt bij gelijkblijvende lonen. De prijsstijging wordt beschouwd als een van voorbijgaande aard veroorzaakt door de kwalijke praktijken van speculanten. Vanwege de logica, dat de graanprijzen wel weer zullen dalen tot het oude niveau, ontbreekt de noodzaak om de lonen te verhogen. Overheid en patroons houden loonsverhogingen als maar enigszins mogelijk is, tegen. Weliswaar zijn er in sommige steden in een enkel ambacht knechtsgilden, maar deze beschikken over weinig macht aangezien ze door de stedelijke overheden in hun rechten worden beperkt en feitelijk niet meer kunnen zijn dan ziekenbussen. Desondanks zijn er van tijd tot tijd samenscholingen en stakingen die in het toenmalige jargon 'courten' en 'complotterijen' worden genoemd. Over het algemeen beschikken knechten en werklieden niet over een organisatie om zich te verzetten tegen verslechteringen, laat staan om in actie te komen voor hogere lonen. Door de groei van de bevolking is er een groot aanbod van arbeidskrachten wat hun positie op de arbeidsmarkt ook niet ten goede komt. Gedurende de zeventiende en de achttiende eeuw loopt de kwaliteit van het volksvoedsel terug zowel in variatie als in voedingswaarde. Op het laatst van de achttiende eeuw bereikt dat een dieptepunt. Door de dalende koopkracht kunnen landarbeiders en kleine pachters minder eiwitrijk voedsel kopen, waardoor ziekten als de pest een grotere kans krijgen. De gemiddelde levensverwachting voor mensen uit het volk is over het algemeen niet veel meer dan 30 jaar.⁵¹ De bevolking in de Republiek concentreert zich vooral in Holland - de huidige provincies Noord- en Zuid-Holland tezamen - met name in het zuiderkwartier, tussen IJ en Maas. Gedurende de zestiende eeuw is de groei van de bevolking in Holland het sterkst. Is het aandeel van Holland in 1514 al 55%, in 1622 is het zelfs 63%. De oorlogshandelingen ten tijde van de Nederlandse Opstand treffen vooral Overijssel en de Meierij van Den Bosch. De Overijsselse boeren, maar ook de Drentse, hebben wisselend te lijden van Staats en Spaans troepengeweld; niet zelden gepaard met terreur. Als reactie op het militaire geweld breekt in 1580 in Overijssel en de Achterhoek een boerenopstand uit. Twente telt in 1601 347 verlaten boerderijen. In Salland en de Achterhoek wordt ook na afloop het Twaalfjarig bestand nog gevochten. Het platteland lijdt sterk onder de oorlogshandelingen. Boerenbedrijven met vee op het land hebben last van plunderende troepen. In de oostelijke gewesten en de generaliteitslanden is van een Gouden Eeuw weinig te merken, het bestaan is er kommervol.⁵² De langdurige crisis in de Europese landbouw drukt met haar volle gewicht op het overwegend agrarische oosten van Nederland. Vanaf het midden van de zeventiende eeuw dalen de opbrengsten van graan. Geschat wordt dat tussen 1650 en 1750 de opbrengst van rogge met 35% afneemt. Met uitzondering van de waterhuishouding rond de grote rivieren komt het grondwerk nagenoeg stil te liggen. Landaanwinning en ontginningen worden gestopt. Boeren schakelen om van akkerbouw naar veeteelt. Erg fortuinlijk zijn ze daar niet mee. In de eerste helft van de achttiende eeuw slaat de veepest regelmatig toe. Eerst na 1740 wordt vaccinatie succesvol en wordt er een halt toegeroepen aan deze gevreesde ziekte. De armoede onder de bevolking is groot en de ellende wordt nog verergerd door rondzwervende soldatenbenden. De invallen van 'Bommen Berend' (Berend van Galen, bisschop van Münster) en van Franse troepen, zorgen ervoor dat het land wordt 'kaalgevreten'

⁵¹ P. Offermans, B. Feis, *Geschiedenis van het gewone volk van Nederland* (Nijmegen 1975⁵) p. 96-97

⁵² W.M. Zappey, 'Het economische leven in de Nederlanden vanaf het midden der 16^{de} eeuw' in: S. Groenveld e.a., *De kogel door de kerk? De Opstand in de Nederlanden 1559-1609* (Zutphen 1991³) p. 196



Een groep soldaten, onder leiding van een officier te paard, plundert een dorp. Op de voorgrond ligt de buit. Koperen vaatwerk en keukengerei zijn kennelijk geliefd. In het midden iets naar achteren laden enkele soldaten buit op een kar. De boerderij is al in brand gestoken en de boer in de deuropening dreigt met een mes om het leven te worden gebracht. Naar een schilderij van Nicolaes de Quade van Ravesteyn uit 1633.

En of het allemaal nog niet genoeg is, is er ook nog de 'Zwarte Dood'. De pest slaat toe in 1713, 1714 en 1721 en veroorzaakt een grote sterfte onder de bevolking. Duizende stads- en dorpsbewoners zijn van huis en haard verdreven door de oorlogshandelingen. Alles wat ze met moeite hebben opgebouwd is vernield, verbrand, gestolen of opgegeten. Ze zijn gedwongen grond en vee te verkopen of worden vanwege de opgelopen schuldenlast domweg van hun land afgezet om toe te treden tot het groeiende leger van de paupers. Een zwervend bestaan als landarbeider, marskramer of bedelaar is al wat hen rest. Niet uit eigen verkiezing, maar het lot laat hun domweg geen andere keus.⁵³ Na 1750 groeit de bevolking weer, al is dat nu voornamelijk op het platteland. De groei is te danken aan de daling van het sterftcijfer. Begin achttiende eeuw is de gemiddelde levensverwachting niet groter dan 35 jaar, maar verbeterde hygiëne, medische zorg en de komst van de aardappel zorgen voor een toename van de levensverwachting.⁵⁴ Meer volk vraagt om in haar levensonderhoud te kunnen voorzien, om meer werk. De nijverheid draait in hoofdzaak op de visserij en de scheepvaart: de scheepswerven, de houtzagerij, de touwslagerij, de zeildoekweverij, de teerfabricage, ten dele de ijzersmederij en wapenindustrie, de ankerfabricage, de scheepsbesluitbakkerij, de nettenbreierij, de taanderij en de kuiperij. Het zwaartepunt van deze bedrijvigheid ligt in het verstedelijkte Holland. De nijverheid is enerzijds afhankelijk van de landbouw en anderzijds van koophandel en vrachtvaart. Van de belangrijkste grondstoffen, graan voor bier, wol voor laken en hout voor schepen, moet verreweg het meeste worden geïmporteerd. De massa van het volk heeft haar inkomen nodig voor de eerste levensbehoeften en er schiet weinig tot geen koopkracht over ter besteding aan producten uit de nijverheid.⁵⁵

de smedengilden

Gilden bestaan in de Nederlanden - de koopliedengilden voorop - vanaf de elfde eeuw. Gilden, zowel van handelaren als van ambachtslieden, verkrijgen van de overheid het monopolie om hun onderneming uit te oefenen. De burgers van een stad kunnen uitsluitend bij een gildemeester terecht voor hun aankopen of opdrachten. Het maximum aantal knechten en leerlingen in dienst bij een meester ligt vast in de door de lokale overheid opgestelde ordonnanties. Zo wordt de omvang van het bedrijf bepaald en concurrentie voorkomen. Niet alleen in economische zin is het gilde van belang. Het zijn ook gezelligheidsverenigingen en verzorgers van de sociale zekerheid door het instellen van zoge-

⁵³ K. Jansma e.a., *Tweeduizend jaar geschiedenis van Overijssel* (Leeuwarden 1990) p. 214

⁵⁴ W.H. Heitling en L. Lensen, *Vijftig eeuwen volk langs de IJssel* (Zutphen z.j.²) p. 256

⁵⁵ W.M. Zappey, 'Het economische leven in de Nederlanden ...' p. 202-203

naamde zieken- en dodenbussen. Weduwen en wezen van overleden gildebroeders worden gesteund. Vóór de Reformatie is het gilde nauw verbonden met het katholieke geloof. Elk gilde heeft een heilige als schutpatroon en vereert die ook middels diensten voor een eigen gildealtaar en met missen en feest op de naamdag van de heilige. In verreweg de meeste gevallen vernoemen de smedengilden zich naar Eloy in enkele gevallen ook Eligius. Het zijn twee namen voor dezelfde persoon. Eligius komt uit het Latijn en betekent 'uitverkorene'. In het Frans is zijn naam Eloi. Eligius van Noyon is geboren ca. 588 in Chatelac bij Limoges als telg van een rijke en rechtschapen familie van Romeinse oorsprong. Mogelijk is hij eerst werkzaam als hoefsmid en later als goudsmid. Zijn vakbekwaamheid maakt dat hij hoofd van de Munt wordt en adviseur van de koninklijke schatmeester.



De H. Eligius of St. Eloy als leerlinghoefsmid. Hij zet de paarden een been af om het goed te kunnen beslaan. Het wonder geschiedt, hij kan het been er gewoon weer aanzetten. Naar verluidt heeft Christus zelf Eligius geleerd hoe hij een duivels paardenbeen moet amputeren. (foto: Baronas)

Eligius laat koning Chlotarius II versteld staan als hij twee gouden tronen aflevert terwijl hij slechts goud heeft gekregen voor de vervaardiging van één. Eligius komt na deze prestatie in dienst van het hof en werkt voor Chlotarius en diens opvolger Dagobert. Als bisschop Acharius van Noyon overlijdt besluit Eligius priester te worden. In 641 wordt hij tot bisschop van Noyon gewijd. Hij is een bekwaam prediker en een onvermoeibaar zendingswerker. Vele Germaanse heidenen worden door hem gekerstend, hij sticht kloosters en bedrijft missie in Vlaanderen. Op 1 december 660 overlijdt Eligius.⁵⁶ Met de zaken van geloof zijn voor de gilden hoge kosten gemoeid en er schiet slechts weinig over voor maaltijden, feesten en zorg voor de leden. De

zorg bestaat uit waken door de leden bij het ziekbed van hun broeder, het bijwonen van een begrafenis en het dragen van de kist en soms het uitdelen van brood en turf. In de zestiende eeuw - met de opkomst van de groothandel - wordt het gildesysteem doorbroken, al blijven de meeste gilden bestaan. De oorspronkelijk democratische gilden worden oligarchieën waarin slechts weinigen het voor het zeggen hebben. Er ontstaan tegenstellingen tussen de meesters enerzijds en de gezellen en leerlingen anderzijds. De Franse Revolutie brengt de gilden tenslotte ten val.⁵⁷ Het beginsel van de vrije concurrentie duldt immers geen monopolie. In 1798 worden de gilden verboden, in 1808 weer min of meer gedoogd, maar in 1818 definitief verboden. Met dit verbod wordt echter niet alleen het monopolie doorbroken, ook het sociaal zekerheidsstelsel van de gildebussen wordt er mee geslecht. Het gilde is een belangrijke bron van sociale zekerheid, althans voor stadbewoners werkzaam in een ambacht. In de zeventiende en achttiende eeuw telt de sterk geurbaniseerde Republiek een groot aantal gilden, die op velerlei wijzen hun leden tegen bepaalde risico's beschermen.

De smeden behoren, naast ambachtlieden als kleermakers en leerbewerkers, tot de vroegste ambachtsgilden. In 1302 krijgen de smeden een keur, dat door de hertog van Brabant wordt bekrachtigd. Het is de oudst bekende keur van een ambachtsgild in 's-Hertogenbosch. In de keur is onder meer bepaald:

als yemant van de vorseide smeden of van horen wiven of van horen kynderen sal ghevallen te sterven, alle die andere vorseide smeden (...) soelen metten doden lichame ter kerken gaen ende in der missen, die men over den doden sall doen, schuldich sijn te offeren". Ze regelden ook dat wanneer "iemant van de vorseide

⁵⁶ R. Giorgi, *Heiligen* (Amsterdam 2004) p.114

⁵⁷ D. Nas, *Koerier van een nieuwe tijd* (Den Haag 2002) p. 12

*guldebroederen sieck worde ote verarmde, die sal men geven acht penningen en storve hy, men sal (...) sijn uitvaerthouden.*⁵⁸

Dat het juist Den Bosch is waar al zo vroeg een smedengilde bestaat behoeft geen verwondering te wekken. De stad is in de veertiende eeuw verreweg de grootste stad in wat we nu Nederland noemen. Onder het ambacht vallen naast de gewone smeden verschillende andere ijzer- en koperbewerkers, zoals: messenmakers, nagelmakers, koperslagers en zwaardvegers. In de gildekeur van de smeden is uitdrukkelijk vermeld dat in geval van oorlog alle smeden er met hun banier op uit moeten trekken. In de veertiende eeuw is het ambacht ook militaire eenheid. Tot aan de inname van Den Bosch door Frederik Hendrik in 1629 behoort de stad tot het hertogdom Brabant. Het Bossche gildensysteem moet dan ook voor het midden van de zeventiende eeuw gezien worden in de lange traditie van de Brabantse ambachten de Zuid-Nederlandse naam voor gilden. In Brabant hebben de ambachten tot het einde van het Ancien régime een plaats binnen het stadsbestuur.⁵⁹

Als een van de oudste en aanzienlijkste beroepsgroepen opent het smedengilde in Den Bosch de stoet in de drie jaarlijkse processie. Hele precieze gegevens over de ontwikkeling van het smedengilde zijn er niet, maar naar schatting telt het gilde in 1754 26 meesters op een bevolking van circa 13.000. Op elke 500 inwoners is er derhalve één meestersmid werkzaam. In 1775 kent Den Bosch 149 hoofden van huishoudens die een beroep uitoefenen in de metaalindustrie. Naast de smeden zijn dat o.m. tin- en loodgieters, speldenmakers en goud- en zilversmeden.⁶⁰ Het gilde is een vrije vereniging die beschikt over zekere privileges die omschrijven onder welke voorwaarden het bedrijf kan worden uitgeoefend naast globale voorschriften hoe de leden zich in hun bedrijf te gedragen hebben. Het gildereglement voorziet in procedures die de kwaliteit van de producten moeten garanderen. Om tot het gilde te kunnen toetreden moeten aanzienlijke inspanningen worden geleverd zoals een voorgeschreven leertijd, het afleggen van een meesterproef en het betalen van een intreegeld. Het meest in het oogspringende voordeel van het lidmaatschap is het monopolie om in de stad het ambacht uit te kunnen oefenen. Het monopolie is beperkt tot de stad maar de smeden trachten dit in 1761 uit te breiden tot de gehele Meierij.⁶¹ Na de afschaffing van de gilden in 1818 blijft het smedengilde als fonds, ten behoeve van uitkering aan de gewezen broeders of hun nabestaanden nog geruime tijd in stand.⁶²



Onderkant van de klaptafel voor de brooduitdeling van het smedengilde te Utrecht. De smeden hielden zondags uitdeling aan de armen. Twintig 'regte' arme gildenbroeders van St. Eloy of andere armen kregen dan voor een halve stuiver brood en een halve stuiver aan geld. De tafel bevindt zich nog op de originele plek in de Buurkerk te Utrecht waar thans het Museum van Speelklok tot Pierement is gevestigd..

⁵⁸ Aangehaald bij: M.H.D. van Leeuwen, *De Rijke Republiek: gilden, assuradeurs en armenzorg 1500-1800* (Amsterdam 2000) p. 166

⁵⁹ B. Panhuysen, *Maatwerk. Kleermakers, naaisters, oudkleerkopers en de gilden (1500-1800)* (Amsterdam 2000) p.32

⁶⁰ M. Prak, 'Een verzekerd bestaan. Ambachtslieden, winkeliers en hun gilden in Den Bosch (ca. 1775)' in: B. de Vries e.a., *De Kracht der zwakken* (Amsterdam 1992) p. 59

⁶¹ M. Prak, 'Een verzekerd bestaan ...' p. 65

⁶² Dr. J.J.M. Franssen, *De Bossche arbeider in zijn werk- en leefmilieu in de tweede helft van de negentiende eeuw* (Tilburg 1976) 2^e stuk p. 592

De gildebrieff van de smeden in Utrecht bevat al vóór 1580 een bepaling tot onderlinge hulp. Verarmde leden van het gilde ontvingen in de vijftiende eeuw op St. Eloyendag één pond (€ 0,45) onderstand.⁶³ De oudst bekende gildebrieff dateert van 8 mei 1304, maar mogelijk is het gilde ouder. Naast de hoefsmeden zijn de slotenmakers, goud- en zilversmeden en de geweer- en pistoolmakers lid van het gilde. De smeden oefenen hun beroep uit in wat thans Wijk C heet. In de Buurkerk te Utrecht bevindt zich nog altijd de klaptafel voor de wekelijkse broodduiddeling aan de behoeftige gildebroeders. De onderstand heeft van 1604 tot 1908 plaatsgevonden en is bekostigd uit de nalatenschap van meestersmid en gildebroeder Adriaan Willemsz. Boven de klaptafel bevestigt aan dezelfde pilaar hangt sinds 1660 een groot schild met een lofdicht op de smeden met een opwekking tot deugdzzaamheid.

Wat Heeft de SMEEDE Const, op Welgegronde Gronden,
En juist gepaste Maet, al Vonden uyt gevonden,
Ten goede vande Mensch! Besie de VINGERHOET,
Hoe noodigh is hij't Volck, dat NAELDEN bruyken moet,
Wie kan de Wonderheyt nae't Wonders eisch bepaelen,
Wanneer hy door een POMP siet't Waeter opwaerts haelen!
Hoe konnen nu ter Tyt de Vijand Weederstaen,
Soo VIJERSLOT en MUSQUET wierd uyt het Land gedaen,
Was't HARNASCH en het SWEERD niet in gebruyck gebleven,
Wij waeren Overlangh den Vijand Opgegeeven,
Het Snyderd MES den Mensch geen kleyn gemack bereyd,
Het KOOPER en het TIN heeft oock zijn nuttigheyd,
Wat Goedren konden zijn Bewaert voor Diessche Guyten,
Indien men door het SLOT die Schelmen niet hiel Buyten!
In't kort, daer Leeft geen Mensch in Groot of Kleyn bezit,
Die niet en heeft te doen de conste van een SMIT,
Maer wijl wij spreekken in het kort van 't Gild der SMEEDEN,
Soo, laet ons Verder gaen, en nog wat Hoger Treeden:
SMEED Nimmer Leugen die de sielen Sterven doet,
SMEED Nimmer Boose Lust, ten Brand van u Gemoed,
SMEED Nimmer eenigh Quaet; en soo 't moght ontsonken,
Soo LESCHT in aller haest die Kanckerige VONCKEN;
Maer SMEED in Teegendeel in allen Deelen uyt,
Al watter Eerlijck is, en Lieflijck, en Wel luyt,
En soo Ghy dit Betraght, beneevens God te Vreesen,
Ghy sult in waere daed een Dapper AENBEELD weesen,
Waer op, in dien de Wind der Plagen Jobs eens Buyd,
Den HAMER van de Straf met Maght te rugge Stuyt

De gilden in Utrecht, maar ook elders, maken deel uit van de stadsverdediging. Het smedengilde moet als dat nodig is de 'smeesector' verdedigen, dat deel van de stadswal waar de naar hen genoemde Smeetoren staat, die in 1855 sneuvelt onder de slopershamer. Tot de hulp in natura behoort de zorg voor woonruimte voor hulpbehoevende leden. Het Sint Eloysgasthuis van het Utrechtse smedengilde, gesticht tussen 1434 en 1447, is enig in zijn soort. In het gasthuis is plaats voor acht patiënten. Een door de overlieden aangestelde huismeester is belast met de leiding. De kosten van het gasthuis worden gedekt uit de verhuur van huizen, die het gilde bezit. Na 1818 bestaat het smedengilde voort als handelsbedrijf.⁶⁴ Het Utrechtse St. Eloysgilde bestaat als caritatieve instelling nog steeds.

Eind dertiende eeuw is een nieuw fenomeen in de bestuurlijke ontwikkeling in Deventer het vastleggen van statuten van instellingen door schepenen en raden. Het Gasthuis van de Heilige Geest opent de rij in het begin van 1283. Daarna volgen de door de leden vastgestelde statuten van het koop-

⁶³ S. Bos, *Uyt liefde tot malcander* (Amsterdam 1998) p.143

⁶⁴ J. van Genabeek, 'De afschaffing van de gilden en de voortzetting van hun functies'in: *Neha-jaarboek 57* (Amsterdam 1994) p. 77,84

mansgilde en het smedengilde in resp. 1309 en 1315. In 1315 krijgen de smeden een stadswijkje toegewezen.⁶⁵

Naar het voorbeeld van de knechts van het Amsterdamse schuitenveer sticht het Goudse smedengilde in 1699 een begrafenisbus. De deelnemers betalen een inleggeld waaruit bij overlijden van een knecht of broeder aan de weduwe een uitkering wordt verstrekt t.b.v. de begrafeniskosten. Het Goudse smedengilde, of gilde van St. Eloooy, is al van vóór 1404 aangezien het gilde in een keurboek van dat jaar wordt genoemd. In de keur is bepaald dat de gilden verplicht zijn met toortsen deel te nemen aan de jaarlijkse processie van het Heilig Sacrament. De smeden gaan als het meest aanzienlijke gilde voorop in de stoet. De oudst bekende gildebrief dateert van 1425. Daartoe gemachtigd door gravin Jacoba van Beieren geeft de magistraat van Gouda het gilde voorschriften over het lidmaatschap.



'Caerte' van het gilde van St. Eloooy te Gouda.

Aansluiting is verplicht voor alle metaalbewerkers: ijzersmeden, goudsmeden, tingieters en koperslagers die zelfstandig in Gouda willen werken. Eenderde van het entreegeld wordt geïncasseerd door de heer van Gouda in casu de graaf van Holland, het overige is bestemd voor de diensten op het altaar van St. Eloy in de St. Janskerk. Wenst een weduwe van een broeder lid te blijven dan moet zij de helft van de contributie betalen. Op ongehoorzaamheid aan de voorschriften staat boete. Op 20 december 1457 wordt in een aanvulling op de gildenbrief, de verplichte deelname aan processies en de verplichting om bij de begrafenis van een gildenbroeder aanwezig te zijn, vastgelegd. De

broeders moeten ook op de jaarlijkse bijeenkomst, de zogenaamde morgenspraak, op St. Eloy'sdag (1 december) en de daaraan voorafgaande kerkdiensten aanwezig zijn. Waaruit blijkt dat het gilde in de eerste plaats een vereniging is met een godsdienstig doel. De ontwikkeling die het gilde doormaakt blijkt uit het feit dat er nu ook enige voorschriften zijn betreffende het vak: een verbod om de knecht van een ander in dienst te nemen en regels die bij de aan- en verkoop van ijzer, staal of kolen in acht genomen moeten worden. Het gaat het gilde zeer wel. In 1553 koopt het twee huizen die vooral zijn bedoeld om de diensten op het altaar te onderhouden. Na de reformatie in 1572 vervallen de huizen aan de St. Janskerk. Kennelijk betalen de goudsmeden in 1585 hun contributie niet meer. De vroedschap verplicht eerst de goudsmeden om dat alsnog te doen, maar een maand later ontslaat zij de goudsmeden van de verplichtingen in de gildebrief voor de grofsmeden. Naar aangenomen wordt overleeft het gilde deze problemen niet. In 1614 is er sprake van een nieuwe gildebrief die in 1640 wordt herzien. De bepalingen voor aan- en verkoop van materialen en de begrafenis van gildebroeders zijn ontleend aan de brief van 1457.⁶⁶ De bus van het gilde wordt bestuurd door vier busbevaarders, die gekozen worden door de magistraat uit een nominatie van telkens tweetallen van meestersmeden, smedenknechts, meester messenmakers en messenmakersknechts.⁶⁷ De meesterproef wordt in deze brief omschreven als: "De grofsmeden zullen maken een goede voorhamer, we-

⁶⁵ J.F. Benders, *Bestuursstructuur en schriftcultuur. Een analyse van de bestuurlijke verschriftelijking in Deventer tot het eind van de 15e eeuw* (Groningen 2002) p. 47

⁶⁶ Mr. J.E.J. Geselschap, 'De Gilde' in: *Gouda zeven eeuwen stad* (Gouda 1972 p. 63, 72, 80-82

⁶⁷ E.M.A. Timmer, *Knechtsgilden en knechtsbossen in Nederland* (Haarlem 1913) p.12

gende tien pond, item een schotspijker gat, en een spijker van zeven duimen, en dat met drie hammers." Het aantal leden is in 1619 78, loopt op tot 94 in 1661, om daarna te gaan schommelen naar 30 in 1701 en 40 in 1726 onder wie 18 smeden en slotenmakers. De stad Gouda telt omstreeks die tijd 15.000 inwoners, waaruit volgt dat er per 800 inwoners een meestersmid werkzaam is.⁶⁸ Bij de afschaffing van de gilden in 1798 houdt het St. Eloy's gilde op te bestaan.

Begin vijftiende eeuw organiseren de ambachtslieden in de Amsterdamse metaalnijverheid zich in het St. Eloy'sgilde. Volgens een ordonnantie van 1530, gewijzigd in 1554, is de meesterproef voor de grofsmeden "eenen voerhamer welgesmeet ende niet gevylt met een schot-spyckersgat in welk gat sij maken sullen ses schotspyckers welgemaect ende ses seven-duym gemaect onder drie hammers".⁶⁹ Het gilde telt in 1688 238 meesters.⁷⁰ Op een bevolking van 220.000 zielen betekent dat één smid op circa 900 inwoners. Van het Rotterdamse St.Eloys- of smedengilde dagtekent het oudst bekende, maar weinig zeggende, ordonnantie uit 1476. Uit 1547 is een uitvoeriger reglement bekend, waaruit blijkt dat naast de grofsmeden ook goud- en zilversmeden, tinnengieters, ketelboeters, slijpers, harnasschoonmakers, zwaardvegers en blikkenlantaarnmakers tot het gilde behoren. Grondstoffen als kolen, ijzer en staal mogen niet door de gildenbroeders worden gekocht, voordat daarvan eerst een 'ommelech' gehouden is. Slechts aan gildenbroeders is het geoorloofd ijzerwerk te leveren voor schepen die in de stad op stapel staan. Alleen aan vakgenoten uit steden, waar Rotterdammers een gelijk voorrecht genieten, zijn deze leveranties ook in Rotterdam toegestaan. De leden van het gilde hebben een monopolie ten aanzien van de verkoop van hun producten; alleen op marktdagen mogen buitenstaanders met ijzer-, tin-, blik-, en zilverwaren komen leuren. In de parochiekerk hebben de smeden een aan St. Eligius of Eloy gewijd altaar, waarop Geertruyd Jacobs, weduwe van Doe Jansz. Van der Sluys, in 1500 een vicarie sticht.⁷¹ De verschillende branches binnen het gilden kennen hun eigen meesterproef. Zo is in de ordonnantie van 1732 bepaald, dat de grootkopergieters een brouwersbos met een voet van een kandelaar moeten maken, terwijl de kleinkopergieters kunnen volstaan met het maken van een theekomfoor met vijf kettingschalmen als meesterproef. Er wordt derhalve verschil gemaakt naar benodigde vakkennis al naar gelang de omvang van het werk.⁷²



De beker van het St. Eloysgilde van Arnhem bevindt zich thans in het Historisch Museum Het Burgerweeshuis. (foto: Baronas)

Het smeden of St. Eloygilde te Arnhem omvat naast de grofsmeden ook de andere beroepsgroepen in de metaalnijverheid. Het gilde dateert van vóór 1560. Een bijzonder privilege van het gilde is het alleenrecht om binnen de stad ijzer en 'smeekolen' te kopen, waarin de militaire smeden, al zijn deze geen lid van het gilde, delen. Nadat in de achttiende eeuw de verplichte deelname aan de inkoop is opgeheven, wordt over de zelfgekochte kolen het z.g. Sint Looygeld geheven. Over iedere gulden inkoop wordt een stuiver afgedragen aan de kas van het gilde. De gilden

⁶⁸ W.H. Heitling en L. Lensen, *Vijftig eeuwen volk langs de IJssel...* p. 81-82

⁶⁹ A.E. d'Ailly, *Zeven eeuwen Amsterdam* (Amsterdam z.j.) Deel 1 p.66, 68

⁷⁰ P. Lourens en J. Lucassen, 'Ambachtsgilden binnen een handelskapitalistische stad: aanzetten voor analyse van Amsterdam rond 1700' in: *NEHA-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis* (Amsterdam 1998) p. 127, 158, 161. Opgemerkt moet worden dat naast smeden ook sloten- en messenmakers in dit aantal zijn begrepen.

⁷¹ Mr. H.C. Hazewinkel, *Geschiedenis van Rotterdam* (Amsterdam 1940) Deel 1 p. 98-99. Een vicarie is een bestemd vermogen voor het onderhoud van een priester die bij een bepaald altaar regelmatig een mis op moet dragen.

⁷² N. Schadee, *Kanonnen, klokken en kandelaars. Koper en brons uit Rotterdam* (Rotterdam 1999) P. 15

zijn in hun functioneren sterk afhankelijk van de goedkeuring van de Arnhemse overheid. Zo zijn ze onder meer niet bevoegd “by hunselven en buyten kennisse, consent ende autoriteyt van de Magistraet enighe veranderongh te doen in hare Gildebrieven”. In 1663 stelt het gilde een meesterproef vast voor de nagelsmeden, iets wat tot dan toe ontbreekt. Ze verzuimt ‘approbatie’ te vragen, zoals de goedkeuring van de overheid wordt genoemd. Als dan ook in 1676 een nagelsmid klaagt dat hij niet in de gelegenheid wordt gesteld zijn vak uit oefenen, omdat hij geen proef heeft afgelegd, wordt hij in het gelijk gesteld. De grenzen van het gildemonopolie zijn kennelijk niet altijd even duidelijk gelet op de twisten tussen de gilden onderling. De smeden hebben voortdurend twist over de verkoop van ‘malery’, dat zijn kleine metalen voorwerpen, waarvan het monopolie bij het kramersgilde berust. Ook met de timmerlieden is er meermalen een geschil over de verkoop van spijkers en ijzer aan doodskisten welke verkoop is voorbehouden aan het smedengilde.⁷³

De gildenbrief van het St. Eloy- of smedengilde te Doesburg, waartoe naast de grofsmeden ook de goudsmeden, ketelboeters, tinnegieters en harnasmakers behoren stamt uit 1482.⁷⁴ Aan het begin van de negentiende eeuw telt de stad twaalf meestermetaalbewerkers, onder wie zes smeden. Op een bevolking van 2200 betekent dat één smid op ca. 370 inwoners.



De nagelsmid. Naar een gravure van J. Luyken uit 1745.

De gildebrief van het smedengilde te Venlo dateert van 1561. Na de inlijving bij Frankrijk in 1795 houdt het gilde op te bestaan.⁷⁵

De in 1798 opgestelde lijst van gilden vermeldt voor Doetinchem: “Weevers, Kleermakers, Schoenmakers, Smits, Timmerlieden”. In het oud-archief van de stad Doetinchem bevinden zich kopieën van gildebrieven. De originele zijn niet bewaard gebleven. De Doetinchemse gilden zijn niet middeleeuws en de gildebrieven bevatten dan ook geen religieuze elementen. Er bestaat gildedwang, dat wil zeggen, wie geen gildebroeder is mag geen werk verrichten dat tot het gilde behoort. Lid van het gilde kunnen alleen

ingezetenen worden met het burgerschap van de stad. Naast de gewone contributie moet een vrij hoog ‘inkomgeld’ van vier goudgulden worden betaald. Voor de smeden is vastgelegd, dat “so het geviel dat eenige luijden met nieuw ijser, staal of kaalen hier qaumen om te verkoopen” de gilde-meester van deze komst op de hoogte moet worden gebracht, die op zijn beurt de gildebroeders in kennis stelt. Opmerkelijk is de bepaling “dat geen gildebroeder eenig grovet ijsder sal mogen koopen, hetsij ketel, eeker of potwerk”. “Ijsercremers of ketelbueters” moeten zich bij het gilde melden alvorens zij hun waren te koop mogen aanbieden. Bij de smeden zowel als bij de andere gilden treffen we een ‘begraafplicht’ aan en moeten de broeders verplicht bij de begrafenis van een mede lid aanwezig zijn.⁷⁶

⁷³ A. de Groot, ‘De Arnhemsche ambachtsgilden in de 17^e en 18^e eeuw’in: *Bijdragen en mededelingen ‘Gelre’* (Arnhem 1939) Deel XLII p. 82, 88, 91, 118

⁷⁴ J.W. Petersen en E.J. Harrenberg, *Doesburg bijdragen tot de geschiedenis van een hanzestad* (Doesburg 1987) p. 27

⁷⁵ A. Lamberts, *Venlo binnen en buiten zijn muren* (Venlo 1984) p. 195, 196

⁷⁶ H.J. Leloux, ‘De gildebrieven van de historische ambachtsgilden van de stad Doetinchem’ in: *Kronijck van Deutekom & Salehem* (Doetinchem 1984/1985) Nr. 31 p.16, Nr. 32 p. 26-27, Nr. 34 p. 63

Het voorgaande overzicht is zeker niet compleet. Het geeft een globaal inzicht naar het voorkomen van smedengilden. In veel plaatsen met stadsrechten (zo niet allen) of van enige omvang zal een smedengilde zijn geweest, in een aantal gevallen gecombineerd met ander beroepen. Een zeker onvolledige lijst van plaatsen waar, naast de bovenvermelde steden, smedengilden zijn geweest is: Amersfoort (?-1800), Appingedam (1518-1798), Arnemuiden, Brouwershaven, Culemborg (1639-1808), Dordrecht (1367-1795), Grave (1523-1939), Goes, Groningen (1436-1814), Haarlem (1590-1804), Hattem, Hoorn, Leeuwarden, Maastricht, Middelburg (1534-1804), Nijmegen, Roermond, Schoonhoven, Tiel (1331-), Valkenburg, Zutphen (1605-1805) en Zwolle.

Grofsmeden bezig met het maken van een hoefijzer. Naar een gravure van Jost Aman uit 1568.



In een door het Internationaal Instituut voor Sociale Geschiedenis (IISG) te Amsterdam opgestelde database is terug te vinden dat van de 159 steden in Nederland er 113 zijn die één of meer gilden kennen. Van de 1050 dorpen kennen er slechts 38 een gilde. Voor de provincie Gelderland zijn de cijfers 18 van de 21 steden en 3 van de 96 dorpen die één of meer gilden kennen.⁷⁷ In het Gelderse zijn gilden actief geweest in Arnhem (12), Bergh (1), Borculo (1), Culemborg (11), Doesburg (9), Doetinchem (5), Eibergen (2), Elburg (9), Groenlo (3), Harderwijk (15), Hattem (5), Heerwaarden (1), Lochem (3), Nijmegen (18), Terborg (2), Tiel (10), Wageningen (3), Winterswijk (1), Zaltbommel (16), Zevenaar (3) en Zutphen (16). Het is niet al te vrijmoedig om aan de hand van het aantal aangetroffen gilden de relatieve betekenis – in economische zin en naar omvang - van de plaats te duiden. Gelet op het voorgaande overzicht van de plaatsen met smedengilden is het ook niet boud om te veronderstellen dat we er niet veel gemist zullen hebben, zeker niet in de Achterhoek. Gilden zijn een overwegend stedelijk fenomeen, al is er ook wel sprake geweest van plattelandsgilden. Vanaf de dertiende eeuw en vóór de Reformatie en de Opstand bestaan er in Nederland (binnen de staatsgrenzen van ná 1830) al honderden gilden. De grote oprichtingsgolf vindt echter plaats ten tijde van de Republiek, met name tijdens de Gouden Eeuw. De opheffing in de Franse tijd is gedwongen, wat blijkt uit het taaie verzet, waaraan pas ten tijde van koning Willem I een einde komt.

Over de omvang van de smedengilden en hun betekenis qua werkgelegenheid is moeilijk wat te zeggen. Van een enkel smedengilde is voor een bepaald jaar bekend hoeveel meesters het gilde telde. Zetten we deze aantallen af tegen de bevolkingsomvang dan vinden we een verhouding van één meestersmid op 500 tot 900 inwoners voor de periode van ca. 1650 tot ca. 1750. Als we dit afzetten tegen de totale bevolking betekent het dat er rond 1700 tussen 2.000 en 4.000 meestersmeden

⁷⁷ P. Lourens en J. Lucassen, 'Ambachtsgilden in Nederland : een eerste inventarisatie' in: *Neha-Jaarboek voor economische, bedrijfs- en techniekgeschiedenis. Zevenenvijftigste deel* (Amsterdam 1994) p. 49

werkzaam kunnen zijn geweest. Er is een aanmerkelijk verschil tussen arbeid georganiseerd binnen het gildenstelsel en de productiewijze middels de manufactuur of trafiek. In de manufactuur bestaat geen corporatieve organisatie. De knechtsgilden die slechts in enkele, meest grotere, steden bestaan worden door de overheid met argwaan bekeken. Vreemd is dat niet, aangezien de regentenfamilies die het in de steden voor het zeggen hebben veelal ook eigenaar of kapitaalverschaffer zijn van de manufacturen en trafieken. Overheid en ondernemer vormen nogal eens een personele unie en bevoordelen elkaar. Bescherming inzake arbeidstijden en arbeidsomstandigheden bestaan niet, de lonen worden door de ondernemer eenzijdig vastgesteld; vrouwen- en kinderarbeid is ongelimiteerd. De octrooien afgegeven door de overheid geven de ondernemer het voordeel van een monopolie van productie en afzet en ook, zoals we eerder zagen, inzake het gebruik van grondstoffen. Het werk in de manufacturen en trafieken is veelal zware lichamelijke arbeid, wat door de ongebreidelde werktijden, waarbij nacht- en zondagsarbeid heel gewoon is, nog wordt verergerd. De voeding is karig en eenzijdig en de behuizing vaak erbarmelijk.⁷⁸

⁷⁸ P. Offermans, B. Feis, *Geschiedenis van het gewone volk van Nederland* (Nijmegen 1975⁵) p. 107

de industriële revolutie

*de metallurgen
de constructeurs
de bakermat van de moderne ijzerindustrie
over hete lucht en fris ijzer
wroeten in de gloeihitte
rollen gaat beter dan slaan*

Eeuwenlang berust de kunde van het winnen en verwerken van metalen louter op ervaring. De in de praktijk opgedane kennis gaat over van vader op zoon of wordt op zijn minst binnen de familie gehouden. De in de antieke wereld opgebouwde en op schrift vastgelegde kennis en ervaring worden in de vroege middeleeuwen voor de vergetelheid behoed door kloosterorders. De Cisterciënzers bewaren niet alleen de ambachtelijke kundigheden, maar brengen ze ook in de praktijk. Gedurende de middeleeuwen en de vroegmoderne tijd worden kennis en vaardigheden bewaakt en beheerd door de ambachtsgilden. Het aantal leerlingen per meester is in de regel gelimiteerd en ook binnen het gildeverband is de kennisoverdracht van meester op leerling vaak een familieaangelegenheid. In de zestiende eeuw ontwikkelt zich een wetenschappelijke basis voor de mijnbouw, het winnen van metalen uit erts en het bewerken van metalen tot halffabrikaten en eindproducten. De metallurgie - in het Grieks 'metallourgos', wat metaalbewerker betekent - ofwel metaalkunde, ontstaat en vindt zijn 'geestelijke vaders' in de Italiaan Vannaccio Biringuccio en de Duitser Georg Agricola. Mijnbouw en de winning van metalen uit erts worden door hen bestudeerd en systematisch geboekstaafd. Het maken van werktuigen en apparaten uit metaal is eeuwenlang het handwerk van de smid die mede door specialisatie een hoge mate van vakbekwaamheid weet te bereiken. In de late middeleeuwen en in de vroegmoderne tijd zijn er veel innovaties in de werktuig en apparatenbouw. Het zijn deze metallurgische en werktuigbouwkundige ontwikkelingen die de opmaat vormen voor de Industriële Revolutie.

de metallurgen

In het midden van de zestiende eeuw verschijnen er een tweetal boekuitgaven, *De la pirotechnia* en *De re metallica libri XII*, die zowel qua opzet als naar inhoud revolutionair zijn te noemen en de mineralogie, zowel als de metallurgie een wetenschappelijke basis geven. De eerste is van de hand van Biringuccio, de tweede is geschreven door Agricola. Beide boeken behandelen de winning en verwerking van erts en het gieten en bewerken van metalen. Bij Agricola ligt de nadruk meer op het eerste en bij Biringuccio meer op het laatste. Met deze uitgaven wordt de kennis over winning en verwerking van metalen breder toegankelijk gemaakt. Biringuccio is een man van de praktijk, een metaalbewerker en zijn boek handelt over smelten, zuiveren en het analyseren van erts. Hij beschrijft ook het gieten van metalen, het vormen van gietkasten, het maken van kernen en de productie van gietstukken als kanonnen en gietijzeren kanonskogels. Zijn boek is de eerste methodische beschrijving van het gieterijbedrijf. Agricola is een wetenschapper, die bekend is geworden als de 'vader van de mineralogie'. Zijn boek gaat over opsporing en onderzoek van erts en het smelten en zuiveren ervan. Hij beschrijft ook de processen die worden gebruikt om erts te breken en te verrijken. In detail beschrijft hij de analysemethode om vast te stellen welke ertsen waard zijn gedolven te worden. Enkele van de metallurgische praktijken die hij beschrijft zijn in essentie nog steeds in gebruik. Als grondlegger van

de wetenschappelijke mineralogie breekt Agricola met de klassieke leer van Dioscorides⁷⁹ en Plinius⁸⁰. Zijn beroemdste werk *De re metallica libri XII* is gepubliceerd in 1556. Het werk, een systematische verhandeling over mijnbouw en metallurgie is met veel instructieve houtsneden geïllustreerd. Het werk bevat in een bijlage de Duitse equivalenten voor de technische termen die in de Latijnse tekst voorkomen. *De re metallica* is gedurende enige eeuwen het standaardwerk, dat in meer dan veertig talen is vertaald. De dichter en natuuronderzoeker Goethe (1749-1832) waardeert het werk van Agricola zeer en nodigt uit om zijn leven en werk te leren kennen:

So bewundern wir ihn noch jetzt in seinen Werken, welche den ganzen Kreis des alten und neuen Bergbaus, alter und neuer Erz- und Steinkunde umfassen und uns als ein köstliches Geschenk vorliegen. Er ... lebte in der höchsten und schönsten Zeit der neu hervorbrechenden, aber auch sogleich ihren höchsten Gipfel erreichenden Kunst und Literatur ...

Het standbeeld van Georgius Agricola (1494-1555) in zijn geboorteplaats Glauchau in de Duitse deelstaat Saksen.

Georg Pauer, wiens familienaam boer betekent, is op 24 maart 1494 geboren te Glauchau de hoofdstad van de toenmalige heerlijkheid Schönfeld en thans deel uitmakend van de Duitse deelstaat Saksen. De stad telt in die tijd rond de 1500 inwoners. Het voornaamste middel van bestaan is het weven van laken. Over Pauer's familie en jeugd jaren is weinig bekend. Zijn vader, Gregor Pauer, is vermoedelijk een lakenwever en textielverver. Hij lijkt niet onbemiddeld te zijn geweest aangezien hij drie van zijn vier zonen kan laten studeren en zijn drie dochters met zonen uit aanzienlijke families trouwen. Pauer bezoekt de parochieschool van Glauchau waar hem het lezen, schrijven en rekenen wordt bijgebracht. Op zijn tiende of elfde jaar gaat hij naar het gymnasium in Chemnitz. Het is niet precies bekend hoelang hij lessen aan het gymnasium volgt, maar in 1511 verblijft hij in Maagdenburg. De reden van zijn verblijf in die stad is niet bekend. In 1514 wordt hij als student ingeschreven aan de, in 1409 gestichte, universiteit van Leipzig. Pauer is een 'late leerling', al twintig jaar oud. Een van zijn leraren, Petrus Mosellanus, een van de meest vooraanstaande renaissancegeleerden, professor in de oude talen en een gevierd humanist is slechts een jaar ouder. Mosellanus onderhoudt contacten met Maarten Luther, Desiderius Erasmus, Johannes Reuchlin en Ulrich von Hutten. Hij brengt Pauer in aanraking met het humanisme. Pauer wordt een enthousiast aanhanger van vooral de humanistische ideeën van Erasmus. Hij zal zijn hele verdere leven deze idealen zijn toegedaan. Na pakweg drie jaar studie in de vakken logica, retoriek, mathematica, fysica, astronomie en muziek verwerft Pauer zijn eerste academische graad, het Bac-



⁷⁹ Pedanius Dioscorides (Anazarbu, Cilicië, 1ste eeuw n.C.), Grieks arts en plantkundige, schrijft in ca. 50 n.C. *De materia medica*. Dioscorides beschrijft de planten niet alleen vanuit medicinaal standpunt, maar ook morfologisch. Het boek vormt het voorbeeld voor vele latere kruidenboeken en beheerste eeuwenlang de gehele botanie.

⁸⁰ Gaius Plinius Secundus, ook: Plinius Maior (= de Oudere) (Como 23/24 – bij Stabiae 79 n.C.), Romeins militair, magistraat en schrijver. Van zijn omvangrijk oeuvre, dat zowel historische werk als geschriften op het gebied van retorica en grammatica omvat is slechts het encyclopedische werk uit 77 n.C. *Naturalis historia* bewaard gebleven. Het werk, dat bestaat uit 37 boeken, omvat de wiskundig-natuurkundige beschrijving van het heelal, geografie, etnografie, antropologie, dierkunde, plantkunde, geneesmiddelen uit het planten- en dierenrijk en beschrijft in de boeken 33 tot 37 de mineralogie. In de middeleeuwse wetenschap zijn de sporen van Plinius' werk overal aanwezig. Plinius komt om bij de uitbarsting van de Vesuvius als hij, gedreven door wetenschappelijke interesse, zich van Misenum naar Stabiae begeeft.

calaureus artium. Vanaf die tijd noemt hij zich Georgius Agricola, de Latijnse versie van zijn naam. Hij verlaat Leipzig en aanvaardt een aanstelling als leraar aan de gerenommeerde stadsschool van Zwickau, een belangrijk regionaal verzorgingscentrum, die in die tijd wel de 'Parel van Saksen' wordt genoemd. Spoedig wordt hem de leiding over de 'Greckische Schul' opgedragen. Het is hier dat hij zijn eerste boek schrijft *Agricolae Glauccii Libellus de prima ac simplici institutione grammatica* een kleine Latijnse grammatica, die in 1520 bij Lotter in Leipzig verschijnt. Deze uitgave is opmerkelijk, omdat het voor het taalonderwijs nieuwe wegen inslaat en taak en verantwoordelijkheid van de leraar helder benoemt. Zijn verblijf te Zwickau stelt hem in de gelegenheid de zilvermijnbouw in het Ertsgebergte te leren kennen en de daarmee samenhangende handel en economie. Agricola keert naar Leipzig terug voor verdere studie en is werkzaam als assistent van Mosellanus. Het vakkenpakket van zijn studie is nu breder en omvat ook medicijnen. Na de dood van Mosellanus verblijft hij van 1523 tot 1526 in Italië en studeert er talen, filosofie, medicijnen en natuurwetenschappen. Er is geen bewijs voor, maar het is niet uitgesloten dat hij onderweg in Bazel Erasmus heeft opgezocht. Het feit dat Erasmus een voorwoord schreef, iets wat hij maar zeer zelden deed, in het eerste boek van Agricola over mijnbouw doet het vermoeden. Agricola verwerft in Bologna de titel van arts. Na een kort verblijf in Zwickau gaat hij in de herfst van 1527 naar Chemnitz en treedt daar in het huwelijk met Anna Meyner, de weduwe van de Schneeberger belastinginner Mathias Meyner.



Een van de vele prachtige houtsneden in De re metallica Libri XII van de hand van Georg Agricola. Illustratie van een smeltoven met A. De smeltoven en B. De voorhaard. De voorstelling toont een 'Stückofen' zo genoemd aangezien deze oven grotere wolven (stukken) kon produceren dan de renhaarden van de woudsmeden.

Het in het Boheemse Ertsgebergte gelegen Konradsgrün, dat na de ontdekking van rijke zilverertsaders in 1516 al spoedig St. Joachimsthal wordt genoemd, biedt aan Agricola een nieuwe uitdaging. De vacature van stadsarts en een 'gloeiende ijver voor een studie van de mijnbouw' voeren Agricola uiteindelijk naar Sankt Joachimsthal,⁸¹ waarmee de vruchtbaarste periode van zijn wetenschappelijke arbeid aanbreekt. In de 15.000 inwoners tellende vrije bergstad, die over meer dan 900 toegankelijke groeven beschikt, is hij vanaf 1527 de stadsarts en apotheker. Een beroep op maat, zoals zal blijken, want hier kan hij de in Italië verworven kennis in de praktijk brengen en zich bezig houden met mineralogie en metallurgie. Zilvererts wordt reeds vanaf 1168 in Freiberg gewonnen en in Graupen sinds 1241. Vanaf het midden van de dertiende eeuw delft men in Ehrenfriedersdorf, Seiffen en Altenberg ook zinkerts.

⁸¹ Thans Jachymov in de Republiek Tsjechië

In 1500 worden rijke zilveraders in de Schreckenberg ontdekt. Groeven zijn er onder meer in Breitenbrunn, Marienberg, Schwarzenberg en nabij Schneeberg en Jöhstadt. Uit vele landen trekken mijnwerkers, die de lokroep van het zilver niet kunnen weerstaan, naar het Ertsgebergte om hun geluk te beproeven. Agricola valt als het ware met zijn neus in de boter met een mijnbouw en een aanverwante nijverheid in volle ontwikkeling. Op de vele oprijzende vragen kan hij dankzij zijn opleiding geheel zelfstandig naar antwoorden zoeken. Zijn studie naar de plaatselijke mijnbouw en zijn contacten met mijnwerkers en metaalsmelters zijn zeer intensief. Weldra verschijnt daarover van zijn hand een filosofisch gearde dialoog met als titel *Bermannus, sive de re metallica*. Agricola draagt de dialoog op aan zijn vriend Lorenz Wehrmann, maar het latijn kent geen letter w, zodat hij de letter b gebruikt. Het boek wordt door Erasmus zeer geprezen en met diens bemiddeling in 1530 uitgegeven bij Froben-Verlag te Basel. De dialoog is tevens een documentatie over de plaatselijke mijnbouw. Het beschrijft de in het mijnbouwgebied voorkomende mineralen en verklaart specifieke mijnbouwbegrippen. Als eerste zet Agricola het ontstaan van het ertsgesteente uiteen en probeert er de aan ten grondslag liggende wetmatigheden te verhelderen en in een systeem onder te brengen. Tegenover de verstarde opvattingen van alchemie en astrologie is zijn aanpak revolutionair. Tezelfder tijd biedt hij zijn programma van onderzoek aan, waarin hij ook de werking van mineralen als geneesmiddel betreft. Agricola schrijft in die tijd ook een polemieek over de noodzaak van oorlog tegen de Turken, die Wenen belegeren en het Heilige Roomse Rijk en het Christelijk geloof bedreigen. Hij wijst koning Ferdinand I van Bohemen en alle Duitse vorsten op hun patriottische plichten en roept op om in eensgezindheid de wapenen "mit Leidenschaft gegen einen so ruchlosen Feind" op te nemen. Het in het Latijn geschreven boek verschijnt in 1529, maar is reeds in 1531 door Lorenz Wehrmann in het Duits vertaald en zal daarin zeven drukken bereiken. In 1531 keert Agricola naar Saksen terug en vestigt zich als arts in Chemnitz. De 4.500 inwoners tellende stad bezit sinds 1357 een blekerijprivilege. De linnenweverij en lakennijverheid zijn dan ook de belangrijkste bedrijfstakken, maar daarnaast zijn er ook enige houtzaagmolens en koperhamers. Agricola's plichten laten tijd over voor wetenschap en studie. Op de voorgrond staat als eerste de antieke metrologie. Nauwkeurige maten en gewichten zijn voor recepten onontbeerlijk. Zo tracht hij ordening te brengen in de wirwar van maten en gewichten en legt dat vast in het boek *De mensuris et ponderibus Romanorum atque Graecorum* (Maten en gewichten van de Romeinen en de Grieken).



Georgius Agricola als burgemeester van Chemnitz. Naar een schilderij van Georg Pindl.

Na het overlijden van zijn vrouw in 1542 hertrouwt Agricola met zijn zeventien jaar oude pupil Ana, dochter van Ulrich Schütz eigenaar van een kopermolen te Chemnitz. Uit dit huwelijk stammen drie dochters en twee zonen. In 1546 verschijnt te Basel een vijfdelig verzamelwerk dat Agricola als geleerde tot ver over de grenzen van het land bekendheid geeft. Het hiervan deel uitmakende *De natura fossilium* is het eerste echte handboek over de mineralogie. Het systematiseert de natuurlijke substanties op een volkomen nieuwe manier in aarde, allages, gesteenten, metalen en mengsels en beschrijft tevens hun medicinale werking. Vanaf 1546 verdwijnt de wetenschappelijke arbeid naar de achtergrond, omdat Agricola in opdracht van de hertog het burgemeestersambt op zich neemt. In deze positie staan een viertal verplichtingen centraal: deelname aan de Landdagvergaderingen, het afsluiten van overeenkomsten, het beheren van oorkonden en zegels en de vertegenwoordiging van de stad als diplomaat. Ondanks de grote belasting door zijn burgemeesterstaken slaagt Agricola erin

een nieuw boek met dertien metrologische en monetaire verhandelingen te schrijven. Het zorgt enigermate voor beperking in de massa van maten, munten en gewichten.

Zijn al langer geplande hoofdwerk *De re metallica libri XII* komt in deze jaren tot stand. Hij heeft dit opus magnum, dat het begin van de mijnwetenschappen markeert, reeds in St. Joachimsthal aangekondigd. Hij heeft vanaf die tijd alle belangrijke bronnen en documenten over mijnbouw en het winnen van metalen, zowel die van antieke geleerden als die van tijdgenoten, bestudeerd. Praktische inzichten uit de technisch hoogontwikkelde mijnbouw in het Ertsgebergte zorgen er voor dat de theoretische studie steeds aan de praktijk wordt getoetst. Agricola overlijdt op 21 november 1555 in Chemnitz na vier dagen aanhoudende koorts. Een plechtige begrafenis als katholiek wordt hem te Chemnitz geweigerd. De familie wendt zich tot bisschop Julius Pflug en deze zorgt er voor dat Agricola in de Domkerk St. Peter und Paul te Zeitz wordt bijgezet. De uitgave van zijn hoofdwerk – *De re metallica libri XII* – in 1556 vindt derhalve postuum plaats.⁸²



Vannoccio Biringuccio, geboren te Siena (It.), is gedoopt op 20 oktober 1480. Zijn vader, vermoedelijk een architect, is Paolo Biringuccio en zijn moeder Lucretia di Bartolommeo. In zijn jeugd geniet Biringuccio de bescherming van Pandolfo Petrucci (1450–1511), hoofd van de invloedrijke Petrucci-familie en dictator van Siena. Petrucci bezorgt Biringuccio werk als metaalkundige en stuurt hem naar Duitsland om de techniek te bestuderen. Na zijn terugkeer in 1513 aanvaardt hij achtereenvolgens aanstellingen als hoofd van een ijzermijn in Siena, Parma en Ferrara. Later is hij verantwoordelijk voor het gieten van kanonnen voor Venetië en Florence. Na het overlijden van Petrucci, blijft hij verbonden aan de familie in dienst van Petrucci's zoon Borghese. Een opstand in 1515 dwingt Borghese te vluchten uit Siena en hij neemt Biringuccio met zich mee. In 1523 herroept paus Clement VII de verbanning van de Petrucci's en met hen kan ook Biringuccio terugkeren.

Titelblad van eerste editie uit 1540 van De la pirotechnia van de hand van Vannoccio Biringuccio (1480-1538/9).

In 1524 ontvangt hij een monopolie voor de productie van salpeter voor geheel Siena. De vreugde is echter van korte duur, want in 1526 komt het volk van Siena in opstand en gooit de Petrucci-familie opnieuw de stad uit. De familie doet een vergeefse poging, met medewerking van Biringuccio, om Siena met geweld te heroveren. In 1530 komt Siena in een vrediger periode en Biringuccio keert terug. Het jaar daarop is hij korte tijd stadsbestuurder en betrokken bij verschillende projecten. In 1536 gaat hij naar Rome en werkt voor het Vaticaan, om in 1538, onder paus Paulus III, hoofd van de pauselijke gieterij en directeur van het arsenaal te worden. Het is niet bekend waar en wanneer Biringuccio is overleden. Een document uit 1539 vermeldt dat hij dood is. Het meest bekend is Bi-

⁸² E. Darmstaedter, 'Lebensbeschreibung von Agricola' in: Georg Agricola, *De re metallica. Zwölf Bücher vom Berg- und Hüttenwesen* (Wiesbaden 2003) (facsimile van de uitgave van 1926); H. Prescher, 'Georgius Agricola – ein biographischer Abriss' in: *Museum und Kunstsammlung Schloss Hinterglachau* (Glauchau 1994) ; F. Naumann, *Georgius Agricola. Berggelehrter, Naturforscher, Humanist* (Erfurt 2007)

ringuccio door de uitgave van *De la pirotechnia* in 1540. Hij wordt wel de vader van de giettechniek genoemd, aangezien *De la pirotechnia* het eerste geschreven bewijs is van een goede gieterijpraktijk. De uitgave staat in een sterk contrast met de alchemistische publicaties uit die dagen. Het boek is kwistig geïllustreerd met houtsneden, die de gereedschappen en werkwijze van die tijd helder in beeld brengen. Het geeft praktische instructies voor mijnbouw, smelten en metaalbewerken. Het is lange tijd een standaardwerk en ook nu nog waardevol als bron voor de stand van de techniek in de vijftiende en zestiende eeuw.

de constructeurs

Leonardo da Vinci (1452-1519), Italiaans schilder, tekenaar, architect, beeldhouwer, musicus, ingenieur, natuuronderzoeker is een uitzonderlijk voorbeeld van de 'homo universale'. Hij is een van de grootste en meest universele geesten die de mensheid heeft gekend. Zijn nieuwe visie op de schilderkunst wekt bewondering en bezorgt hem een enthousiaste groep van leerlingen en navolgers in en buiten Italië. Als onderzoeker heeft Leonardo een vrijwel onbegrensde belangstelling. Hij vergaart kennis op bijna ieder wetenschappelijk gebied en legt deze vast in zijn veelal geïllustreerde notities, in linkshandig spiegelschrift. Hij is autodidact, waardoor hij op natuurwetenschappelijk gebied geen vooroordelen opgedrongen heeft gekregen, maar het ontbreekt hem daardoor ook aan een systematische werkwijze en aan de mathematische kunde, om zijn ideeën verder uit te werken en anderen te overtuigen van de juistheid ervan.

De reconstructie van een door Leonardo ontworpen fiets, naar een tekening in de Codex Atlantica is een grap. De fiets is te zien in het Palm Springs Air Museum.



Tot de vele onderwerpen waarmee hij zich bezighoudt, behoren: op wiskundig gebied de kwadratuur van de cirkel en het construeren van regelmatige veelhoeken, op natuurkundig terrein: de bewegingsleer, de mechanica, de hydraulica, de optica en de akoestiek. Hij is bekend met de camera obscura en weet van de versnelling vanwege de zwaartekracht. Hij vergelijkt de

dichtheid van vloeistoffen door vloeistofkolommen in een U-vormige buis met elkaar in evenwicht te brengen, waarmee hij vooruitloopt op de Wet van Pascal. Leonardo ontwerpt de meest uiteenlopende werktuigen, waaronder: watermolens, hefbomen, baggermachines, geschut en ander oorlogstuig, muziekinstrumenten, een fiets en liften. Bij zijn ontwerp van vliegmachines maakt hij gebruik van zijn observaties van vogels in hun vlucht. Hij ontwerpt kanalen, irrigatiesystemen, modellen voor kanalisatie van de Arno en andere waterbouwkundige werken. Op het gebied van de bouwkunde onderzoekt hij onder meer de krachten die in muren, bogen en zuilen optreden. Hij bestudeert de anatomie van de mens door het verrichten van sectie op lijken, geeft een beschrijving van het hart en de hartkleppen en van de ligging van de menselijke foetus in de baarmoeder, alles voorzien van prachtige anatomische tekeningen. Op geologisch gebied bestudeert hij de vraag of de aarde aan langdurige structuurveranderingen onderhevig is en heeft hij veel aandacht voor fossielen. Zijn onderzoekingen strekken zich verder nog uit over de plant- en dierkunde, vooral het paard en het perspectief. De stand van de techniek van de zestiende eeuw laat voor veel van zijn ontwerpen niet toe dat ze praktisch worden uitgevoerd. Het duurt eeuwen voordat zijn visionaire gedachten tot werkelijkheid worden gebracht. Talrijke losse, ongeordende bladen met de meest uiteenlopende notities en illustraties komen in 1519 in het bezit van zijn erfgenaam en leerling Francesco Melzi. Na Melzi's dood in 1570

raken ze verspreid, totdat de beeldhouwer Pompeo Leoni rond 1600 tien delen met Leonardo's geschriften weet te verzamelen. Hij brengt ze samen in één geweldige foliant, de Codex Atlanticus. Maar ook elders in Europa bevinden zich losse bladen met aantekeningen en illustraties o.a. in de Royal Library en Windsor Castle.⁸³ In 1965 worden twee tot dan toe onbekende notitieboeken ontdekt in de Biblioteca Nacional in Madrid, de Codices Madrid I en II, die vooral technische ontwerpen bevatten.



De Zytglogge te Bern in 1542. Naar een schildering op glas.

Kaspar Brunner (†1561), een Zwitsers werktuigkundige, is het meest bekend door het bouwen van de Zytglogge te Bern. We vernemen voor het eerst van hem in 1526 ter gelegenheid van zijn aanstelling als klokmeester. De toren gebouwd in 1220, doet aanvankelijk dienst als poort in de westelijke stadsmuur. Vanaf 1344 is het een vrouwengevangenis die echter tijdens de grote stadsbrand van 1405 geheel uitbrandt. Het uurwerk geeft de toren de naam van Zytglogge. De toren, enkele malen vergroot, wordt in de vijftiende eeuw voorzien van een lantaarn, een nieuwe trap en vier decoratieve hoektorens. In 1527 krijgt Brunner van de stad de opdracht een nieuw uurwerk te bouwen. Het kost hem drie jaar om het massieve mechanisme van de astronomische klok zo degelijk te maken, dat het tot op de dag van vandaag functioneert. Na de succesvolle bouw van de klok rijst de ster van

Brunner in de gemeenschap van Bern snel. Hij wordt in 1530 toegelaten tot het *Gesellschaft zu Schmieden*, waardoor hij in het openbaar een zaak kan drijven.

In 1537 wordt hij gekozen tot busmeester en beheerder van het arsenaal. In 1541 huwt hij met Anna von Graffenried, een patriciërdochter. In datzelfde jaar wordt hij uitgenodigd naar Neurenberg, toen de grootste stad van het Heilige Roomse Rijk, waar hij wordt benoemd tot busmeester en hoofd van het stadsarsenaal. In deze functie geeft hij in 1547 een 'Tuighuisboek' uit, waarin hij onder meer een grondige uiteenzetting geeft van het gieten van kanonnen.⁸⁴ Brunner die na de Zytglogge nooit meer een uurwerk heeft gebouwd, overlijdt in 1561. Hij werkte al naar het uitkwam als slotenmaker, smid, ingenieur, geweermaker en uurwerkmaker. Brunner is een typisch voorbeeld van een autodidactisch ingenieur op de drempel van de vroegmoderne tijd.

⁸³ E. Müntz, *Leonardo da Vinci. Künstler, Denker und Wissenschaftler* (Parijs 1898) (heruitgave New York 2006)

⁸⁴ V. Schmitchen, 'Technik im Übergang vom Mittelalter zur Neuzeit zwischen 1350 und 1600' in: K.H. Ludwig und V. Schmitchen, *Propyläen Technik Geschichte 2* (Berlijn 1997) p. 318

Draaibank van de keurvorst van Beieren Max Emanuel. De draaibank uit brons, ijzer en messing samengesteld, is in 1712 gebouwd door Francois Houard, van 1711 tot 1716 in dienst van de keurvorst. De draaibank uitgerust met sjablonen is door Max Emanuel gebruikt voor het draaien van ivoor. De draaibank is nu in het bezit van het Bayerische Museum te München. (foto: Baronas)



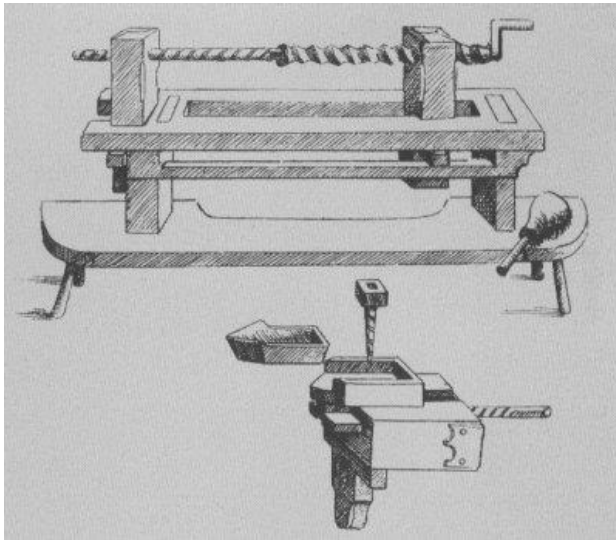
Voor de verspanende bewerking van hout, edelmetaal, non-ferro-metalen, hoorn, ivoor en albast is sinds de middeleeuwen een met een pedaal bewogen zogenaamde wippen-draaibank beschikbaar met een alternerende (afwisselende) beweging. In kleine werkplaatsen blijft deze tot in de negentiende eeuw in gebruik. Naast de trapdraaibank is vanaf de zeventiende eeuw de draaibank met een continue draaibeweging in ontwikkeling. De aandrijving vindt plaats met behulp van een staand draairad waarmee met tussenkomst van een snaar de draaiende beweging op de draaibank wordt overgebracht. De draaier kan zich nu geheel op zijn werkstuk concentreren, maar heeft wel een hulpkracht nodig om aan het rad te draaien. In de achttiende eeuw wordt zelfs een dubbelrad gebruikt, waarmee twee verschillende snelheden kunnen worden onderhouden. Een derde oplossing voor de aandrijving is de reeds door Leonardo da Vinci ontworpen draaibank met een treeplank (trapplank) waarmee, door tussenkomst van een krukas, een vliegwiel wordt aangedreven. De aanwending van dit principe komt echter eerst in de achttiende eeuw op gang.⁸⁵ Belangrijke onderdelen van moderne draaibanken, zoals de beweegbare werktuigsliden, het support en de geleide spil, zijn al eind vijftiende, respectievelijk midden zestiende eeuw beschikbaar, evenals het excentrisch draaien met behulp van verstelbare sjablonen. In Frankrijk beleeft de kunst van het draaien in de laat zeventiende en in de achttiende eeuw een grote bloei, wat blijkt uit de in 1701 in Lyon verschenen *L'art de tourner* van de hand van de Fransman Charles Plumier (1646-1706), een Franciscaner monnik en botanicus, die ook wiskunde en fysica heeft gestudeerd. Het is het eerste manuscript, dat in detail ingaat op de techniek van het draaien; een hoogst prestigieuze en elitaire gesloten kunst, die zonder Plumier uit het zicht zou zijn gebleven.

Met de draaibank worden de meest ingewikkelde en kunstige werkstukken gemaakt. Een bijzonder type draaibank is de guillocheermachine, waarmee de draaibeweging door middel van curvenschijven in een pendelende beweging wordt omgezet, waardoor een stalen pen variantrijke ornamenten op metalen borden en zakuurwerken krast.

In de negentiende eeuw vindt het guillocheren ook in de grafische industrie toepassing. Bijvoorbeeld de slingerende lijnen op bankbiljetten zijn guilloches. Deze artistieke ontwikkeling heeft te maken met het feit dat 'L'art de tourner' vooral een liefhebberij is van adel en gegoede burgerij. Deze kunnen het zich permitteren zo'n gecompliceerde 'kunstdraaibank' te laten bouwen. Terwijl in de achttiende eeuw alle mogelijkheden die de draaibank biedt voor het maken van steeds kunstiger draaien en graveerwerk worden benut, stagneert de ontwikkeling op andere gebieden en loopt het vervaardigen van machineonderdelen, later zo bij uitstek het symbool van de industriële productie, sterk terug. Deze tegengestelde ontwikkeling is opmerkelijk, aangezien de wezenlijke onderdelen van

⁸⁵ Ulrich Troitzsch, 'Technische Wandel in Staat und Gesellschaft zwischen 1600 und 1750' in: Akos Paulinyi en Ulrich Troitzsch, *Propyläen Technik Geschichte 3. Mechanisierung und Maschinisierung* (Berlijn 1997) p. 194

de draaibank, de geleide spil, het beweegbare support, de beitels en de continue aandrijving voorhanden zijn. Een nadere beschouwing leert echter dat de stilstand in de ontwikkeling van de werktuigbouw een andere oorzaak heeft. De gebruikte draaibanken zijn van hout, het enige materiaal wat in voldoende mate voorhanden is om werktuigen van grotere afmetingen te bouwen. Op deze houten draaibanken kunnen alleen betrekkelijk kleine en lichte werkstukken worden gemaakt. Bij het draaien van houten onderdelen geeft dat weinig problemen en is zelfs de wippenbank, slechts aangedreven met spierkracht, toereikend. Draaien van metaal is problematischer.



Draaibank met op de voorgrond draaibeitel en support voor het snijden van houten draadspillen. Ca. 1480.

Aandrijving met een waterrad geeft meer aandrijfkraft en een hogere draaisnelheid, waarmee een gladder oppervlak van het werkstuk kan worden bereikt. Draaien van tin, goud en zilver geeft op een met waterkracht aangedreven draaibank nog weinig problemen, maar het hardere messing, laat staan ijzer, behoeft een groter uitgeoefende kracht op de beitel. Met een houten draaibank is dat niet goed mogelijk. Bij een hogere belasting geeft het hout te veel mee en de houten onderdelen gaan ten opzichte van elkaar wijken. Verankeren aan vloer of wand helpt wel, maar onvoldoende.

De werkstukken gemaakt op houten draaibanken zijn dan ook uitgesproken onnauwkeurig. In geval van serieproductie is geen werkstuk gelijk aan een ander. Passingen behoeven altijd een handmatige nabewerking met de vijl. Draaibanken van gegoten en daarna bewerkte machineonderdelen, met een vaste geleide voor de bewegende delen, zorgen voor een betere maatvoering van de werkstukken. Dergelijke banken laten zich, met name vanwege de hoge kosten, slechts in kleine afmetingen bouwen. Er kunnen slechts kleine werkstukken op worden gedraaid ten behoeve van wetenschappelijke instrumenten en uurwerken. Dergelijke draaibanken en de met trekboog of zwenkwiel aangedreven machines zijn in de regel gemaakt door uurwerkmakers.⁸⁶

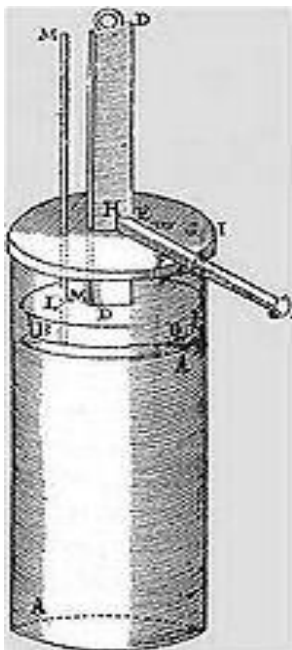
Een van de belangrijkste maar tevens het moeilijkst te maken onderdelen van een draaibank is de geleide spil vanwege het schroefdraad. Ook het snijden van draad op bouten en in moeren is een lastige klus. Ondanks dat de bevestigingsschroef al uit de antieke oudheid bekend is, vermijden de ambachtslieden veelal, ook nog aan het einde van de achttiende eeuw, vanwege de moeilijkheidsgraad een schroefverbinding te gebruiken. Voor 'tijdelijke' verbindingen worden keilen, voor duurzame verbindingen nagels gebruikt. Grote houten draadspillen, zoals in persen, worden op een rondhout afgetekend en met de vijl uitgevijld. Voor kleine metalen schroeven worden in de zeventiende en achttiende eeuw tot spiralen gedraaide strippen gehard blik gebruikt. De 'draad' op dergelijke schroeven wordt meer door indeuken dan door snijden bereikt en moet met de vijl worden nabewerkt. Grotere metalen spillen voor persen, lieren of bankschroeven worden gemaakt op een 'patronendraaibank'. Iedere werkplaats snijdt een ander draad. Beschadigde of verloren schroeven, bouten of moeren moeten als enkelstuks worden nagemaakt en ingepast. Dat is nogal tijdrovend, maar omdat er in het vóór-industriële tijdperk geen massale behoefte aan draadeinden bestaat en de apparaten en machines waarvoor ze nodig zijn ook slechts in enkelstuks of hooguit in een kleine serie worden gebouwd is de druk op werktuigkundigen en machinebouwers om machines te ontwikkelen waarmee uitwisselbare bouten en moeren kunnen worden gemaakt niet of nauwelijks aanwezig.

⁸⁶ Ulrich Troitzsch, 'Technische Wandel in Staat und Gesellschaft ...' p. 194-196

Model van een horizontale kanonboor. Het recht uitboren van kanonlopen heeft een hoge moeilijkheidsgraad. Tot in de achttiende eeuw worden de lopen daarvoor verticaal geplaatst. In het midden van de achttiende eeuw ontwikkelt Jan Verbruggen (landsgeschutgieter te Den Haag van 1755 tot 1770) een nieuwe methode om lopen uit te boren, waarbij het kanon horizontaal kan worden gehouden. De boor wordt met paarden aangedreven. Het model, dat in de achttiende eeuw opgesteld stond in het stadhuis van Amsterdam, is nu te zien in het Legermuseum te Delft. Er is een koperen gedenkplaat op de boor aangebracht ter ere van de ingebruikname in de Haagse geschutgieterij op 8 maart 1758. (foto: Dina)



Afhankelijk van de mate van precisie gaapt er nog een hele wereld tussen de fijninstrumentmakers en de machinebouwers. De machinebouwers zijn in de regel tevreden met een precisie, die met gieten of smeden kan worden bereikt. Er is een zekere vooruitgang in de eerste helft van de achttiende eeuw op een ander terrein van de verspanende bewerking: het uitboren van houten, bronzen en gietijzeren buizen. Het is sinds de renaissance gebruikelijk om geschutslopen, horizontaal of verticaal, over een kern te gieten. Nieuw is in 1720 het boren van volgegooten ijzeren kanonlopen met een verticale boormachine door een Kasseler (D) geschutgieter. Grotere bekendheid genieten de Zwitserse geschutgieters Maritz. Reeds vader Johann (1680-1743) ontwikkelt een kanonboormachine. Zijn



zons Samuel (1705-1786) en Johann (1711-1790) zijn respectievelijk geschutgieter in Genève en Bern en inspecteur in Franse dienst van de Koninklijke gieterijen in Perigord, Straatsburg en Douai. De laatste ontwikkelt eveneens een (horizontale) boormachine met als bijzonderheid dat niet de boor maar de kanonloop draait. In 1744 komt deze machine in bedrijf. In Engeland worden horizontale boormachines ingezet voor het maken van cilinders voor atmosferische stoommachines, waarbij zowel de vinding van Johann Maritz jr. wordt gebruikt als ook de oudere methoden. De holgegooten cilinder wordt met een roterende boorstang bezet met snijwerktuigen uitgeboord. Afwijkingen ten opzichte van de as van de ziel van een kleine vingerbreedte, veroorzaakt door de slingering die het water rad of tredmolen op de boorstang uitoefent, worden als normaal beschouwd. Eerst als de ijermagnaat John Wilkinson (1728-1808) vlak na de cilinder de boorstang lagert wordt de afwijking gereduceerd tot de dikte van een muntje, wat voor de toenmalige verhoudingen een enorme kwaliteitsverbetering is.

Tekening van de eerste zuigerstoommachine gemaakt in 1690. Een vinding van de Fransman Denis Papin .

De grote vlucht van de Engelse ijzerindustrie is alleen mogelijk doordat er een nieuwe krachtbron ter beschikking komt. De behoefte aan een nieuwe krachtbron doet zich begin achttiende eeuw vooral voelen in de mijnen van Cornwall waar men veel last heeft van grondwater. De met een waterrad of door dierkracht aangedreven pompen zijn niet in staat de mijnen droog te houden. Op 2 juli 1698 patenteert Thomas Savery (1675-1725), een Brits ingenieur, de eerste stoommachine. In 1702 publiceert hij over deze machine in het boek *Miner's Friend*. Savery's 'stoompomp' heeft geen zuiger, maar gebruikt een combinatie van onderdruk en stoomdruk om het water te verplaatsen. Door het condenseren van stoom met koud water in een gesloten pompketel, ontstaat onderdruk en drukt de buitenatmosfeer het op te pompen water in de ketel. De werking is beperkt tot het opstuwen van een waterkolom van ca. dertig voet, maar kan worden verhoogd tot ca. vijftig voet door daarna stoomdruk op het wateroppervlak van de pompketel te plaatsen en zo het water weg te drukken. De daarvoor benodigde druk in de boiler maakt de installatie echter onveilig. De bediening is handmatig en daardoor traag en onrendabel. Er wordt geprobeerd water weg te pompen uit de Broadwaters mijn in Wednesbury en vervolgens nog in Staffordshire, maar zonder succes. De machine is niet geschikt om water uit een mijn te pompen en de enig bekende werkende versie is gebruikt voor de watervoorziening in Londen. Savery komt in contact met de smid Thomas Newcomen (1664-1729), waarmee hij rond 1712 een regeling treft, waardoor diens meer geavanceerde ontwerp, dat valt binnen het patentrecht van Savery, verder kan worden ontwikkeld. Na allerlei meer of minder gelukte pogingen heeft Newcomen in 1722 zijn eerste 'vuurpomp' gereed. Deze eerste werkelijke stoommachine is een 'atmosferische' of onderdrukmaschine, omdat de atmosferische druk het werk doet. De machine van Newcomen wordt bediend door twee man: een stoker en een kranenbediener. Via een kraan wordt stoom in de cilinder gelaten. De zuiger gaat omhoog en de met een hefboom verbonden pompzuiger naar beneden. De stoomkraan wordt gesloten en de waterkraan geopend. Het beetje water dat in de cilinder stroomt zorgt er voor dat de stoom condenseert en er onderdruk ontstaat en de buitenlucht plus het gewicht van de onevenwichtige hefboom doen de rest. De stoomzuiger gaat omlaag en de hefboomgekoppelde pompzuiger omhoog. De 'vuurmaschine' van Newcomen houdt in de achttiende eeuw de mijnen in Engeland droog. Het rendement van de machine is minder dan één procent en hoewel de steenkool uit de eigen mijn komt en dus weinig kost, wordt het door velen als een nutteloze energiever-spiller beschouwd. Ondanks het enorme kolenverbruik staan er alleen in de buurt van Newcastle in 1767 al 57 van dergelijke stoompompen met tezamen 1200 pk.⁸⁷ De machine van Newcomen werkt met zuigers die in 1690 zijn bedacht door de Fransman Denis Papin. Door combinatie van het condensatieopzuigprincipe van Thomas Savery met de zuiger van Papin ontstaat de eerste met vuur aangedreven machine die water uit een mijn kan pompen. Als Newcomen in 1729 komt te overlijden staan er in Groot-Brittannië al een honderdtal van zijn vuurmachines opgesteld. Denis Papin (1647-1712), is een Frans wis- en natuurkundige, die het meest bekend is vanwege zijn pionierswerk met stoom. Hij is één van de grondleggers van de thermodynamica. In Parijs presenteert Christiaan Huygens een buskruitmotor, waarin hij buskruit gecontroleerd laat ontploffen. Papin, met wie Huygens heeft samengewerkt, gebruikt later het principe van de buskruitmotor om zijn stoommachine te verbeteren. In 1679 bedenkt hij de snelkookpan, een soort autoclaaf, die in de industrie al snel een papiniaanse pot wordt genoemd. Een autoclaaf is een drukvat waarin de druk wordt gebruikt om een proces te starten, te bevorderen of te stoppen. In 1681 demonstreert Papin zijn pan in Engeland en toont aan dat er onder druk van konijnenbotten prima gelatine kan worden gemaakt. Papin bouwt ook een centrifugaalpomp met rechte schoepen. Als in 1685 Lodewijk XIV een eind maakt aan het Edict van Nantes, vluchten veel Hugenoten uit Frankrijk. Papin vlucht naar Hessen, waar hij aan de Philipps-Universiteit te Marburg probeert zijn ideeën te verwezenlijken. Als gevolg van onnauwkeurige bewerkingen van het materiaal mislukt het. Hij heeft zijn ideeën intussen voorgelegd aan de Royal Society in Engeland, waar hij Robert Boyle en Robert Hooke eerder heeft leren kennen. Hooke laat aan de hand van het ontwerp een bekwaam constructeur in 1690 een machine maken. In datzelfde jaar schetst Papin, in het wetenschappelijk tijdschrift *Acta Eruditorum*, een stoomboot uitgerust met vier cilinders om waterwielen aan te drijven. In 1707 bouwt hij een boot

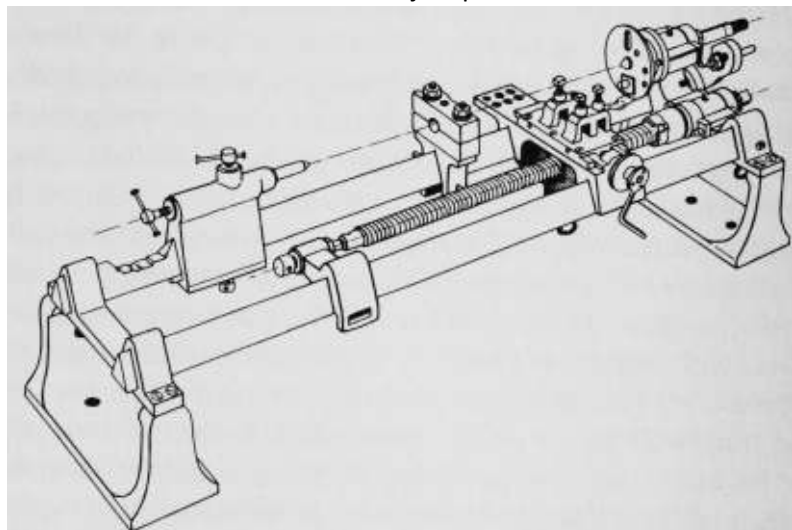
⁸⁷ E. Hijmans, *Mens, metaal, machine* (Deventer 1963) p. 49

met schoepraderen, om de Fulda en de Wezer over te steken. De boot wordt echter vernield tijdens de strijd om de passagiersrechten met het Mündener schippersgilde die de stoomvoortstuwing als een bedreiging ziet.

Het is de Schotse ingenieur James Watt (1736-1819) die ontdekt dat in plaats van inspuiten van water, afkoelen ook kan door de cilinder in verbinding te brengen met een koude ruimte, een condensor, waardoor veel brandstof wordt bespaard. In 1775 bouwt de ijzermagnaat John Wilkinson (1728-1808) het eerste door stoom aangedreven blaaswerk. Hij is ook de eerste die gebruik maakt van de door Watt ontwikkelde roterende stoommachine. Aanvankelijk gebruikt Wilkinson deze stoommachine voor het aandrijven van een hamer, maar vanaf 1792 ook voor het aandrijven van een walswerk. Al deze vroege stoommachines dragen nog het stempel van het vóór-industriële tijdperk. Met name het framework is van hout en alleen waar dat noodzakelijk is zijn de onderdelen van ijzer. Maar zelfs in deze nog primitieve vorm maakt de grotere drijfkracht het mogelijk meer ijzer dan voorheen te produceren. Al in 1784 staan er in Coalbrookdale zestien stoommachines opgesteld die acht hoogovens en negen grote hamers bedienen.

In de vóór-industriële tijd komt langzaam maar zeker het hele technische oeuvre ter beschikking, echter zo verspreid over verschillende machines en apparaten en over de verschillende branches, dat het een nieuwe conceptuele visie vereist, om alles wat voorhanden is bijeen te brengen. Dat gebeurt aan het eind van de achttiende eeuw door de werktuigkundige Henry Maudslay (1771-1831) en het is geen toeval dat de eerste machine die hij construeert er een is voor het maken van herbruikbare schroeven.⁸⁸

Maudslay, is de zoon van een invalide marineman en moet reeds op zijn twaalfde gaan werken in het arsenaal van Woolwich. Als gebruikelijk starten kinderen officieel als leerling, maar feitelijk als 'poederaapje', bijnaam van de jongste leerlingen die belast zijn met het afvullen van buskruit. Daarna worden ze als krullenjongen in de schrijnwerkerij en uiteindelijk in de smederij aan het werk gezet. Als in 1789 de Londense constructeur Joseph Bramah (1748-1814) een ijzerwerker zoekt, wordt hij opmerkelijk gemaakt op de jonge Maudslay, die inmiddels in het arsenaal een faam geniet als virtuoos vakman met hamer en vijl. Maudslay ziet af van de voltooiing van zijn zevenjarige leertijd en treedt als hulpkracht bij Bramah in dienst. De acht jaar dat hij voor Bramah werkt zijn bepalend voor zijn verdere loopbaan. Bramah is een ontwikkeld meubelmaker, begaafd ingenieur en een van de vlijtigste constructeurs van zijn tijd. Hij liet tussen 1778 en 1814 in totaal achttien uitvindingen patenteren, waaronder een wc, een zekerheidsslot en een hydraulische pers. Maudslay leert hier niet alleen alle finesses van de bewerking van metaal, maar ook de grondslagen van het ontwerpen. Hij is betrokken bij het ontwerpen en maken van speciale werktuigen en werktuigmachines voor de stalen en metalen onderdelen van Bramah's zekerheidsslot en ook maakt hij de problemen van het ontwerpen van de hydraulische pers mee. Hij ervaart hoe moeizaam en arbeidsintensief het is, zelfs voor de vaardigste vakman, om met handwerktuigen ijzer en metaal tot de gewenste vorm en precisie te bewerken. De jonge werkmeester werkt mee aan het streven van zijn baas, om het kostbare handwerk door werktuigmachines te doen vervangen.

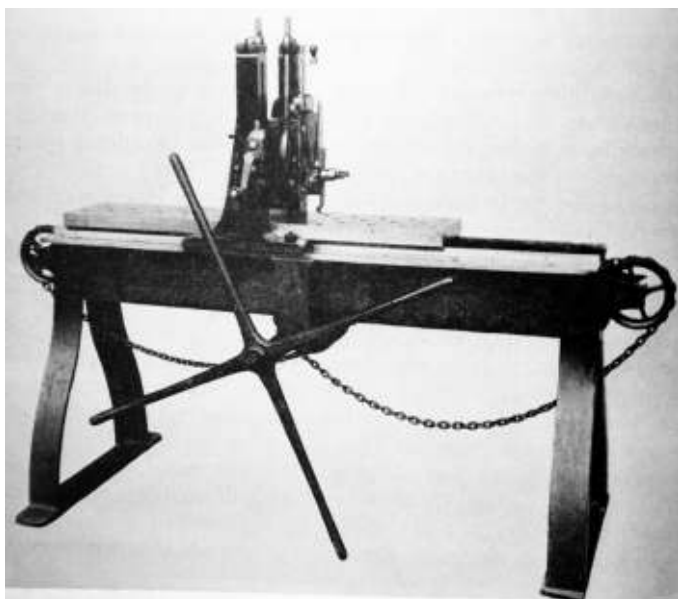


Schroefdraadsnijbank van Henry Maudslay (1771-1831). Technische tekening van Volker Benad-Wagenhoff naar het origineel van 1797.

⁸⁸ Ulrich Troitzsch, 'Technische Wandel in Staat und Gesellschaft ...' p. 196-97

Als Maudslay in 1797 om loonsverhoging vraagt en Bramah hem dat weigert begint hij zijn eigen werkplaats. Allereerst bouwt hij voor zichzelf een schroefdraadsnijmachine. De machine dient voor het snijden van schroefdraad op schroeven en draadspillen die met de bijbehorende moer in alle verspanende machines voorkomen, zowel ten behoeve van de langseleiding als voor de omzetting van een cirkelbeweging in een rechte beweging. Zelfs de eenvoudigste draaibank met een kruissupport bezit minstens drie draadspillen die tot dan met handgereedschap moeten worden gemaakt. Geen van de onderdelen die Maudslay gebruikt is nieuw, nieuw is de constructieve oplossing en om de machine geheel uit metaal te maken. De schroefdraadsnijmachine wordt door Maudslay verder ontwikkeld tot een kleine universele draaibank. Na 1815 specialiseert het bedrijf van Maudslay zich op scheepsstoommachines, waarvan de Engelse marine de grootste afnemer is. Maudslay kan ongetwijfeld gezien worden als de peetvader van de moderne werktuigmachine-industrie. Van de vijf prominentste werktuigmachinebouwers van Groot-Brittannië: Richard Roberts, Joseph Clement, James Fox, James Nasmyth en Joseph Whitworth, heeft alleen Fox niet bij Maudslay gewerkt alvorens een eigen bedrijf te beginnen. Aanvankelijk heeft iedere machinefabrikant zijn eigen maat schroefdraad, al naar gelang van de spoed waarvan hij uitgaat voor zijn sledespil en naar de overbrenging die hij heeft gekozen. In de werkplaats van Maudslay brengt Clement orde in de maatvoering van het schroefdraad. Later worden de hier ontwikkelde tabellen, van de verhouding tussen diameter van een schroef en zijn spoed, verder door Whitworth gesystematiseerd en vanaf 1840 wordt overal in Engeland het 'Whitworthdraad' toegepast.

Maudslay en Wilkinson voegde belangrijke elementen toe die het stelselmatig bouwen van machines mogelijk maakten. Het ontbreekt nu nog alleen aan de mogelijkheid om op een goede en goedkope manier platte vlakken of rechte geleidingen, waarlangs een slede heen en weer kan bewegen, te maken. Een plat vlak maken gebeurt nog met beitel en vijl. Omstreeks 1817 worden de eerste metaalschaafbanken gemaakt waarbij het werkstuk wordt bevestigd op een tafel, die heen en weer kan worden bewogen over geleidingen. Daarboven wordt een snijdend gereedschap aangebracht, dat met behulp van een kruissupport rechtlijnig boven het werkstuk kan worden bewogen. De schaaftank is gelijktijdig en onafhankelijk van elkaar ontwikkeld door Clement, Roberts en Richards.



Metaalschaafbank , gemaakt in de werkplaats van Maudslay door Roberts in 1817. De werktuigmachine maakt het mogelijk om machinaal platte vlakken te maken.

De vervorming van ijzeren en metalen grondstoffen tot machineonderdelen gebeurt overwegend door gieten, smeden of buigen en door verspanen. Met gieten en smeden wordt de ruwe vorm bereikt. Met de verschillende verspanende bewerkingen: schaven, frezen en boren en handmatig met vijlen, schrappen en schuren krijgt het onderdeel zijn eindvorm. Gieten en smeden blijft tijdens de Industriële Revolutie ambachtelijk, terwijl de bouw van werktuigmachines voor het

draaien, schaven, stampen en boren in de periode 1800-1830 een aanzienlijke vooruitgang boekt en de metaalbewerking mechaniseert. Deze draaibanken, schaaftbanken, stamp- en boormachines vormen de technische basis voor de machinebouw, die als kapitaalgoederenindustrie uitgroeit tot de strategisch belangrijkste sector in de economie. Met deze werktuigmachines worden geprefabriceer-

de onderdelen gemaakt die door gekwalificeerde vaklieden worden afgewerkt en gemonteerd tot productiemachines.

Het ontstaan en de ontwikkeling van de (werktuig)machinebouw, hangt ten tijde van de Industriële Revolutie ten nauwste samen met de bouw van textielmachines en met die van stoommachines, die bij beide tot ca. 1830 nagenoeg gelijk opgaat. De groeiende vraag vereist het ontwikkelen van werktuigmachines die in staat zijn gelijkvormige, genormaliseerde onderdelen in grote aantallen te maken.⁸⁹ Met de intocht van ijzer, in de jaren negentig van de achttiende eeuw, als grondstof voor het maken van onderdelen voor spin- en kaardmachines wordt het gebrek aan capaciteit in de metaalbewerking het grootste probleem. Het traditionele handwerk kan niet aan de vraag voldoen, noch naar aantal, noch naar kwaliteit. Voor de machinale spinnerijen moeten de machines en de machineonderdelen een zekere maatnauwkeurig bezitten, terwijl het aantal benodigde machines voortdurend stijgt. Om daaraan te kunnen voldoen zijn nieuwe technieken en technische vaardigheden nodig. Naast de machinebouw door textielbedrijven in eigen beheer, komen er gespecialiseerde textielmachinebouwers. In beide typen van ondernemingen is het de werktuigkundige die de constructie van de gecompliceerde machines en werktuigen voor zijn rekening neemt in samenwerking met producenten van onderdelen. Bij het overschakelen op ijzer doen zich meerdere fabricageproblemen voor. Een aantal daarvan worden opgelost door nieuw ontwikkelde machines die slechts één product maken of slechts één soort van handeling verrichten, zoals schroefdraadsnijden. De productie van gietijzeren ruwe onderstellen en andere dragende constructies, alsook ringen, hardtrommels en tandraden leveren technisch noch kwantitatief noch kwalitatief grote problemen op. Het probleem is de verspanende bewerking (o.m. schaven en draaien) van de in grote hoeveelheden benodigde onderdelen als spullen en strekbomen. Ook kost het de grootste moeite om in het massaverbruik van beslag van kaardtrommels te voorzien.⁹⁰

Detail van een spinmachine, een z.g. 'selfactor', gebouwd bij Houquet Ateliers te Verviers in 1925. Een selfactor is een wagenspinmachine met een stilstaande spullenwagen en beweegbare voorgarenklossenwagens. De machine is in bedrijf geweest bij de spinnerij en weverij van André van Spaendonck te Tilburg en staat nu opgesteld in het Nederlands Textielmuseum. (foto: Dina)



Over de productie van spullen is weinig bekend. Ze zijn van smeedijzer of staal, moeten goed rond zijn en goed gepolijst. Bij gebruik van smeedijzer is het onderste deel van de spil, die als tap fungeert: ge-

hard. De onbewerkte spullen moeten een verspanende bewerking ondergaan om rond en glad te worden. Aanvankelijk wordt gebruik gemaakt van draibanken met handaandrijving, maar al spoedig – in 1810 – komen er draibanken met werktuigleden. Gespecialiseerde fabrikanten in het maken van spullen en spillagers zijn dan al actief. Complicerend is de gelijktijdigheid van een groeiende vraag en de eis tot normalisatie en maatnauwkeurigheid om eenvoudige vervanging mogelijk te maken.

⁸⁹ Akos Paulinyi, 'Die Umwälzung der Technik in der Industriellen Revolution zwischen 1750 und 1840' in: Akos Paulinyi en Ulrich Troitzsch, *Propyläen Technik Geschichte 3. Mechanisierung und Maschinsierung* (Berlijn 1997) p. 321

⁹⁰ Kaarden is het bewereken van vezels ten behoeve van een te spinnen stof door middel van een kaarde te ontwarren en evenwijdig te leggen.

Met uitzondering van de 'Jenny' werken alle machines in de voor- en fijnspinnerij met strekwerken. Voor elke spil is er een strekwerk met tenminste drie cilinderparen nodig. Tussen 1789 en 1810 groeit de capaciteit van de spinnerijen met naar schatting 2,3 miljoen spullen, anders gezegd met 13,8 miljoen cilinders, ca. 650.000 per jaar. De helft daarvan, de onderste voor het hekelen, zijn cilinders met een lengte van 40 tot 50 mm en een doorsnede van 25 tot 38 mm. Het aantal aan langsassige, later schroefvormige, groeven per cilinder varieert tussen de 45 en 55 al naar gelang de doorsnede. Met een verdere groei in het vooruitzicht mag worden aangenomen dat voor de verspanende bewerking van genormaliseerde en uitwisselbare onderdelen al spoedig machines, zoals de in *Rees's Cyclopaedia* van Abraham Rees (1743-1825), docent en dominee te Wales, vermelde 'Curious Machines' zijn ontwikkeld. Voor het afdraaien voldoen de in de andere takken van de machinebouw gebruikelijke supportdraaibanken.

In de Royal Portsmouth Dockyard is in de jaren rond de eeuwwisseling van de zeventiende naar de achttiende eeuw sprake van grote drukte. De lange oorlog met het republikeinse Frankrijk legt een zware tol op materiaal en arbeidskracht bij het bouwen van grote aantallen oorlogsschepen. In de laatste vijf jaar van de achttiende eeuw is de vloot met ruim 200 schepen uitgebreid tot in totaal 864 schepen. Dat de werf zo'n hoge productie aan nieuwbouw, reparatie en reconstructie volbrengt is vooral te danken aan de ongelooflijke inspanningen van de scheepstimmerlieden, geholpen door de technische ontwikkeling aan het begin van de Industriële Revolutie van stoommachine en cirkelzaag. De man verantwoordelijk voor deze innovatie in Portsmouth is Samuel Bentham (1757-1831), een toekomstgerichte scheepsingenieur en timmerman, in 1796 benoemd tot inspecteur-generaal van de marinewerf. Bentham combineert de talenten van uitvinder, ambachtsman en bestuurder en slaagt er in, soms tegen de conservatieve opvattingen van de Admiraliteit in, de werf volledig te reorganiseren waardoor de efficiency sterk verbetert, maar het knelpunt van een onvoldoende productie van blokken kan ook hij vooralsnog niet oplossen. De productie van blokken moet opgevoerd worden naar 100.000 per jaar. Een schip met 74 kanonnen voert niet minder dan 922 blokken in zijn tuig en dat is dan nog maar een derdeklasschip. De productie blijft achter bij de vraag, omdat er grote aantallen geschoolde houtbewerkers nodig zijn en het maken van blokken een groot aantal tamelijk ingewikkelde handelingen vraagt. De werf komt domweg capaciteit tekort. Marc Isambard Brunel (1769-1849), een man die later wordt geridderd voor prestaties als de bouw van de eerste Thames Tunnel, is geboren en getogen in Normandië, maar neemt na het uitbreken van de revolutie vanwege royalistische sympathieën, de wijk naar de Verenigde Staten. In New York ontwerpt en begeleidt hij, als hoofdingenieur, naast de bouw van vestingwerken, een arsenaal en een gieterij. Zijn fascinatie is mechanisering en de noodzaak van het produceren van grote aantallen uniforme grote blokken ziet hij als een uitdaging en hij ontwikkelt een gemechaniseerde productiestraat.⁹¹ In 1798 verhuist hij naar Engeland en huwt Sophia Kingdom, die hij heeft leren kennen in Frankrijk. In de jaren daarna werkt hij zijn ideeën verder uit en verwerft in 1801 een patent op 'blockmaking machinery'. Zijn volgende stap is het maken van modellen voor potentiële fabrikanten. Brunel maakt kennis met Henri Maudsley, die in die tijd al een grote reputatie heeft van precisie en vaardigheid. Een van de eersten die de door Maudsley gemaakte modellen ziet is de broer van Sophia, die ondersecretaris is bij de Admiraliteit. Hij stelt voor om met Samuel Taylor, sinds 1759 toonaangevend leverancier van blokken aan de Britse marine, contact op te nemen. Het leidt tot een van de meest kortzichtige beoordelingen aller tijden. Taylor oordeelt over het ontwerp als van geen enkele waarde.

*"My father", schreef hij, "has spent many hundreds a year to get the best mode, and most accurate, of making blocks, and he certainly succeeded; and so much so that I have no hope of anything ever better being discovered, and I am convinced that there cannot. We are, as you know, so much pressed, and especially as the machine your brother-in-law has invented is wholly yet untried. Inventions of this kind are always so different in a model and in actual work.
Believe me dear Kingdom,
Yours in great truth,
Samuel Taylor"*

⁹¹ E. Hijmans, *Mens, metaal, machine* (Deventer 1963) p. 67



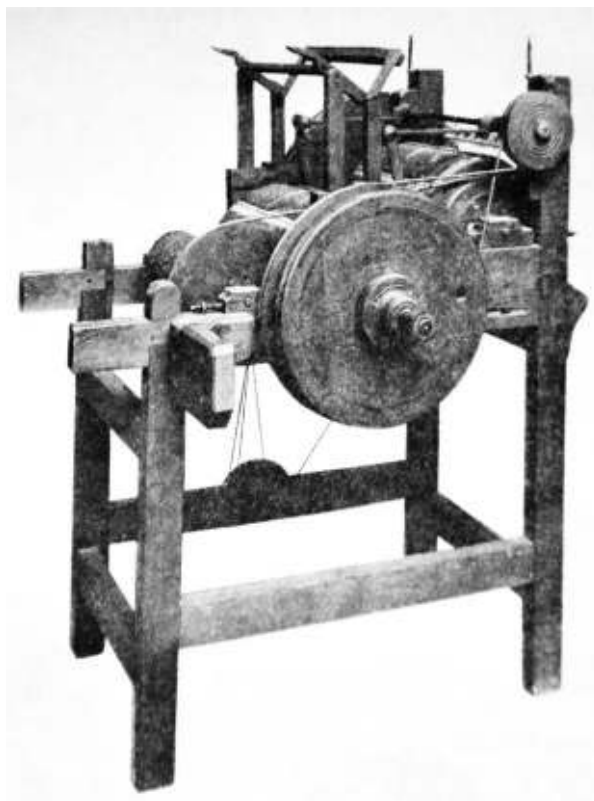
Een blok of katrol is een apparaat om touwwerk in verschillende richtingen te kunnen leiden. Ze worden ook gebruikt als onderdeel van takelconstructies en talies. Een blok is van hout en wordt naar het aantal schijven: één-, twee-, drieschijfsblok, enz. genoemd. Een blok kan uit één stuk worden gemaakt, maar gebruikelijker is een constructie die bestaat uit twee wangen die door dammen op een vaste afstand worden gehouden, terwijl bij meerschijfsblokken de schijven door dunne schotjes worden gescheiden. Het geheel is verstevigd en verbonden met houten pennen. Houten blokken zijn gestropt, dat wil zeggen: door een touwenstrop of grommer omvat, die in de neuten (gleuven) van de wangen wordt ingelaten, of van ijzeren beslag voorzien, met een haak of draaiende nok. De schijven zijn van pokhout en draaien om een nagel of bout, die door de wangen en schijven gaat. Zeilschepen hebben en zeer groot aantal blokken in de tuigage (enige honderden) van verschillende vorm en grootte.

Deze tegenslag is slechts van een tijdelijk karakter. Brunel heeft een effectief, revolutionair systeem bedacht en heeft de hulp van de meest getalenteerde werktuigbouwer van zijn tijd om zijn ontwerp praktisch vorm te geven. Het enige wat nog nodig is, is een invloedrijke persoon die ervoor kan zorgen dat de productielijn een eerlijke kans krijgt. Deze persoon is Samuel Bentham, die na bestude-

ring van de modellen de Admiraliteit er van overtuigt om de machines te laten installeren. Vier jaar later maken Brunel's machines alle blokken voor de Britse marine. Zijn jaarproductie is dan 160.000 blokken. De betekenis van 's werelds eerste gemechaniseerde productielijn is moeilijk te overschatten. Rees's Cyclopedia, gepubliceerd in 1819, vermeldt dat Brunel's machines niet alleen een beter product maakt, maar ook sneller en bovendien goedkoper is. Sneller en goedkoper - tien ongeschoolde werklieden vervangen 110 geschoolde - is zacht uitgedrukt en slechts een deel van het verhaal. Brunel is niet alleen een pionier in mechanisering, maar ook in materialen en technische innovaties. De machines te Portsmouth zijn de eerste van een substantiële omvang die volledig van metaal zijn, met als resultaat een nieuwe standaard in nauwkeurigheid. De werktuigen vertegenwoordigen het resultaat van de ontwikkeling van bestaande machines als: draaibank, boormachine en cirkelzaag, maar ook die van nieuwe vindingen als: gatensteekmachine, conische koppeling en splitmoer. Met het verdwijnen van de zeilvaart verliest ook de blokmakerij zijn betekenis. De blokken productielijn van Brunel is nu nog slechts een museumstuk, maar de vele vernieuwingen die hij toepaste vinden we terug in elke werkplaats, fabriek of timmerwinkel.

Een artikel dat de textielindustrie in grote aantallen wordt verbruikt is het beslag op kaardtrommels. Het tot in de jaren tachtig van de achttiende eeuw met de hand gemaakte kaardbeslag vormt al snel vanwege het hoge verbruik een rem in de productie. Voor een kaardtrommel zijn elf bladen kaardbeslag nodig. Op een vlak van één vierkante meter staan ongeveer 660.000 haken. Er worden drie eenvoudige machines ontwikkeld, voor het schalen van leer, voor het doorsteken van leer en een voor het buigen van haken. De haken worden met de hand in het leer bevestigd. In 1811 patenteert Joseph Ch. Dyer (1780-1871) in Groot-Brittannië een in de VS ontwikkelde machine, die zowel handmatig als met een krachtwerktuig kan worden aangedreven, die alle handelingen achtereenvolgens, van draadknippen tot haken inzetten, kan uitvoeren. Volgens gegevens uit de jaren twintig van de negentiende eeuw zet per uur, ieder van de 80 machines in de fabriek van Dyer, 7.800 resp. 15.600 haken. In 3,8 uur betekent dat een kaardblad van een vierkante voet.

Kaardmachine van Arkwright uit 1775. In de opkomende machinale katoenspinnerij moet de katoen een reeks bewerkingen ondergaan om de vezels in gelijke richting te leggen en gelijkmatiger te verdelen. Op de kaardmachine worden de vezels door een met fijn staaldraad bezette cilinder uitgekamd tot een 'vlies', om daarna tot een lont ineen te worden gedraaid.



Er bestaat geen twijfel over, dat op het laatst van de achttiende eeuw, de almaar groeiende vraag naar ijzeren textielmachines een revolutie in de werktuigmachinebouw bewerkstelligt. Verbeteringen in de constructie van werktuigmachines zorgen er op hun beurt voor dat er betere spinmachines worden gemaakt. De constructie van werktuigmachines en spinmachines zijn complementair aan elkaar. Leidende textielmachinefabrikanten als Dobson en Barlow laten aan hun klanten weinig speelruimte voor eigen wensen. Ze bieden standaardmachines aan met als enig verschil het aantal spinnen. Voor de belangrijkste producten: spinnen, strekmechaniek en aandrijfsysteem, gelden nauwe toleranties. Het zijn genormeerde en uitwisselbare massaproducten. De afstand tussen de spinnen is eveneens genormeed, wat er toeleidt dat de gietijzeren of houten draagconstructie eveneens wordt gestandaardiseerd. Er kan nu op voorraad worden geproduceerd. Gietmodellen zijn meermalen te gebruiken, waardoor sneller op een nabestelling kan worden gereageerd en de productiekosten kunnen worden laag gehouden. De machinale fabricage, voor welhaast elk voorkomend cilindrisch, vlak of schroefvormig ijzeren of stalen onderdeel begint aan het eind van de achttiende eeuw met het prototype van de industriëleproductie: de draaibank en schroefdraadsnijmachine van Henry Maudslay.⁹²

de bakermat van de moderne ijzerindustrie

Het dal van de Severn in Engeland is de bakermat van het 'moderne' gietijzer en daarmee de geboorteplaats van de 'Industriële Revolutie'. Het diepe dal, nu bekend als de Ironbridge Gorge, is 15.000 jaar geleden ontstaan in een ijstijd. Een doorbraak door de kalkzandsteenformaties bij Wenlock Edge verbindt twee rivieren, die nu de loop van de Severn vormen. De doorbraak vormt niet alleen de Gorge, maar zorgt er tevens voor dat de aardlagen met belangrijke delfstoffen, de rijkdommen van de vallei: kalkzandsteen, ijzererts, kolen en klei, bereikbaar worden. De plaats die nu bekend staat als Ironbridge luistert eertijds naar de veelzeggende naam van Coalbrookdale. Het is hier dat de moderne ijzerindustrie zijn start vindt. Resten van de originele bedrijven waar het eerste moderne gietijzer is geproduceerd zijn nu nog te bezoeken in de musea in en rond Ironbridge.

Al in 1528 probeert kardinaal Thomas Wolsey (1471-1530), invloedrijk Engels staatsman tijdens de regering van Henry VIII, looderts met steenkool te smelten. Vanaf de zestiende eeuw wordt in Engeland brons gesmolten met kolen. De Duitse hertog Julius von Braunschweig gebruikt steenkool voor verwarming en in de smederij. De hertog is een vernieuwer die, nadat hij in 1568 aan de macht is gekomen, zijn hertogdom doet overgaan naar de Reformatie en een economische politiek voert die

⁹² Akos Paulinyi, 'Die Umwälzung der Technik in der Industriellen Revolution ...' p. 327-8

de mijnbouw en de gieterijen stimuleert. Ook zorgt hij voor het verbeteren van de infrastructuur. Bij zijn overlijden in 1589 laat hij een welvarend en financieel gezond vorstendom na.



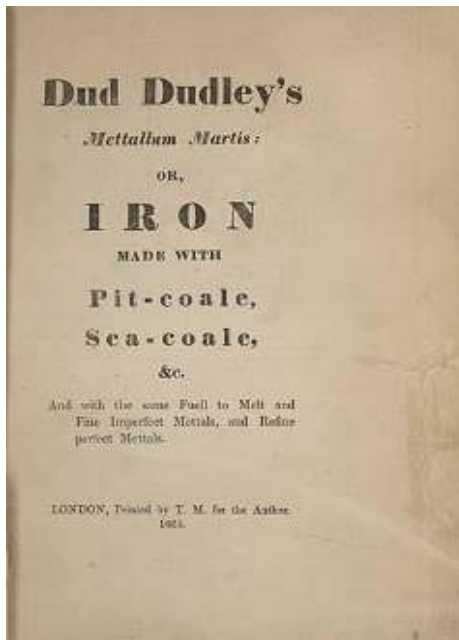
Gezicht op de 'Upper Works' te Coalbrookdale in 1758. Naar een handgekleurde gravure van François Vivares. Een ijzeren stoommachinecilinder wordt met paardentractie vervoerd. In het midden de fabrieken van Darby. Rechts zien we Dale House waar de Darby's woonden. Rechts op de voorgrond wordt cokes gemaakt van smeulende hopen steenkool.

In 1603 ontwikkelt Hugh Platt, een inlegger van groente en fruit, een procédé voor het maken van briketten uit steenkool, bekend als cokes, voor de brouwindustrie. In Engeland worden de proeven om metaal met steenkool te smelten talrijker vanwege de voortgaande ontbossing van het land. In 1611 ontvangt Simon Sturtevant een patent voor het smelten van metalen met behulp van 'pit-coal'.⁹³ Sturtevant heeft gestudeerd te Oxford en is docent klassieke talen en rector aan verschillende scholen. In 1608 verwerft hij een patent voor het maken van aardewerk buizen en is hij ondernemer. Ondanks zijn ambities slaagt hij er niet in metaal te smelten met kolen en moet hij zijn patent inleveren.

Dud Dudley (1599-1684) is een 'onechte' zoon van Edward Sutton baron Dudley, die er niet toe komt met zijn moeder, Elizabeth Tomlinson een dochter van een houtskoolbrander, te trouwen, wat haar niet belet hem elf kinderen te schenken. Dudley, de vierde van het elftal, krijgt een degelijke opvoeding en gaat zelfs studeren in Oxford, maar wordt door zijn vader vervroegd van school gehaald om diens ijzermolen en hamerwerken te Pensnett Chase te beheren. Deze fabrieken leveren ijzer aan de pakweg 20.000 smeden die in Dudley en omgeving werkzaam zijn. De zaken gaan evenwel achteruit, omdat de bossen, nodig voor de houtskoolfabricage, langzamerhand uitgeput raken. Dudley zoekt naar een oplossing en hij weet dat de pogingen om met steenkolen ijzer te smelten tot dan toe zijn mislukt. Hij weet echter ook wat de oorzaak is: zwavel. Hij richt een fabriek in die volgens zijn methode ontzwavelde kolen maakt. Het zit hem niet mee, want na ruim een jaar wordt zijn fabriek bij een overstroming weggespoeld, maar hij bouwt het bedrijf opnieuw op. Het door hem geproduceerde ijzer stuurt hij ter keuring naar de Tower in Londen, waar wordt vastgesteld dat het van goede

⁹³ O. Johannson, *Geschichte des Eisens* (Düsseldorf 1953³) p. 295

kwaliteit is. Bovendien slaagt Dudley erin zijn ijzer goedkoper te produceren dan zijn concurrenten, die uit nijd, dat ze niet achter zijn geheim kunnen komen, zijn bedrijf overvallen, de blaasbalgen in stukken snijden en de ovens vernielen. De vijandigheden herhalen zich, zodat Dudley zich genoodzaakt voelt de streek te verlaten. Maar ook op de nieuwe plaats, Himley in Staffordshire, waar hij met veel moeite een nieuwe hoogoven bouwt, wordt hij overvallen en opnieuw moet hij vluchten. In 1626 bouwt hij opnieuw een bedrijf op onder de naam Hascod Furnace bij Askew Bridge te Gomal. Zijn schulden kan hij echter niet meer betalen en hij wordt in gijzeling genomen. Na twee jaar komt hij vrij en verkrijgt weer een patent voor het fabriceren van ijzer met behulp van kolen. Hij richt nogmaals een ijzermolen op, maar de burgeroorlog waarin Engeland verzeilt raakt gooit roet in het eten.



Dud Dudley geeft in 1665 onder de titel Metallum Martis or Iron made with Pit-coale, Sea-coale &c. een boekje uit. Het is in de jaren na 1660 het enige wat hij nog produceert op het gebied van ijzer. Maar ook in dit schrijven geeft hij zijn geheim van het ontzwavelen van steenkool niet prijs.

Dudley is de koning trouw, neemt de wapens op, ondanks zijn 44 jaar en neemt aan alle veldslagen deel, wat hem menige verwonding oplevert. Hij klimt op tot generaal der artillerie. De partij van de koning verliest de strijd en Dudley ondergaat hetzelfde lot als de vorst en wordt gevangen gezet. Hij weet te vluchten, gaat naar Londen, wordt opnieuw gevangengenomen en ter dood veroordeeld, maar neemt wederom de benen. Na de nodige omzwervingen weet hij zich in Bristol, onder de schuilnaam Dr. Hunt, een aantal jaren buiten de aandacht te houden. Als in 1660 de monarchie wordt hersteld, verwacht Dudley dat hij zijn patent voor het maken van ijzer wel zal terugkrijgen, maar koning Karel

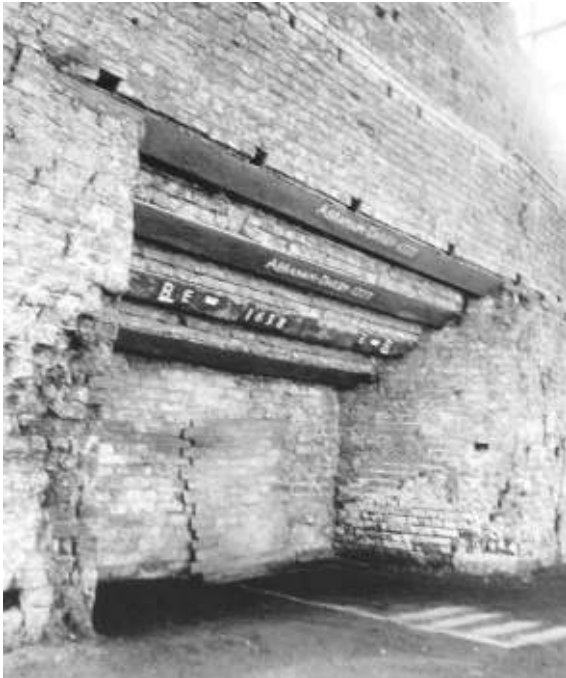
II, heeft andere zorgen en te weinig belangstelling voor zoiets triviaals als een ijzerwinning van een getrouwe onderdaan en wijst het patent af. Dudley zet nu zijn leven met niets doen voort en overlijdt op 85 jarige leeftijd. Zijn geheim van het ontzwavelen van kolen neemt hij mee in zijn graf.⁹⁴

In 1708 vertrekt Abraham Darby, quaker en messinggieter, uit Bristol en vestigt zich in Coalbrookdale. Een jaar later slaagt hij er in ijzer te smelten met goedkope kolen in plaats van dure houtskool. De ijzerindustrie in Engeland is in die jaren op sterven na dood aangezien houtskool een schaars en duur artikel is geworden. Hele gebieden, zoals die te Sussex, zijn ontbost. Darby kent de techniek om met kolen te smelten van de 'Brassworks' in Bristol. Anderen hebben vóór Darby getracht ijzer te winnen met behulp van kolen. Het is de zwavel in de kolen die de pogingen om ijzererts te smelten met behulp van kolen tot dan toe, naar het schijnt met uitzondering van Dud Dudley, doen mislukken. De Gorge helpt Darby een handje. De in de Gorge gedolven 'Sweet Coal' is zwavelarm. Darby staat met zijn ontdekking aan de wieg van de Industriële Revolutie. Zijn gietijzer zal de wereld van aanzien doen veranderen, ook al zijn de eerste producten simpele gietijzeren potten en andere huishoudelijke waren.

Abraham Darby (1677-1717) is geboren in dezelfde streek als Dud Dudley op de pachtboerderij van zijn vader in de buurt van Dudley. Naast de boerderij drijft zijn vader ook een nagelsmederij. Darby is leerling bij een moutmolenbouwer, maar heeft al op de leeftijd van 21 jaar zijn eigen bedrijf: een draadtrekkerij. Hij is dan ook al gehuwd. Als in 1701 de Spaanse Successieoorlog uitbreekt, veroordeelt Darby deze aangezien hij net als alle quakers pacifist is, maar het is hem ook duidelijk dat een oorlog de vraag naar ijzerwaren doet groeien. In 1703 start hij een gieterij voor het gieten van potten aan de Cheeselane te Brsitol, waar hij een jaar later tracht potten van ijzer te gieten, maar hij

⁹⁴ J. Semjonow, *De rijkdommen der aarde* (Amsterdam z.j.) p. 409-10

faalt. In 1704 maakt hij volgens Britse analen een studiereis naar Nederland, maar het is niet duidelijk naar welke plaatsen dat zou zijn gegaan. Vermoedelijk klopt dit niet en reist hij naar Stolberg in Noordrijn-Westfalen om de techniek van kolengestookte ovens en de productie van grote bronzen potten af te kijken. Stolberg is in die tijd een centrum van messinggieters. Darby werft een aantal ervaren metaalgieters, sommige met hun familie en neemt hen mee naar Bristol waar ze te werk worden gesteld bij de Baptist Mill de gieterij van Darby en later bij de Keynsham Works. De migratie van de metaalgieters heeft mede als achtergrond dat zij katholiek zijn en het protestantse Duitsland wel de rug toe willen keren. Ze gaan mee naar Engeland onder het beding van geloofsvrijheid. Aan de voet van de Ashley Hill wordt een ruimte ingericht tot kerk voor de katholieke eredienst. Met behulp van deze vaklieden experimenteert Darby met het gieten van ijzer in zand in plaats van in leem. De experimenten mislukken en vormen zo de opmaat voor zijn verhuizing naar Coalbrookdale in Shropshire, waar hij in 1708 een oude hoogoven pacht.



Het 'Upper Furnace' in Coalbrookdale, Shropshire. Op deze plek smolt Abraham Darby I in 1709 met succes ijzer met behulp van cokes. Abraham Darby III, vergroot de oven in 1777 en smelt hierin het ijzer voor het maken van de beroemde ijzeren brug over de rivier de Severn. (foto: Dina)

De omgeving van Coalbrookdale is rijk aan ijzererts en steenkool. Het is zijn wens om gietijzeren producten uit zelf gewonnen ruwijzer te maken. Darby begint het smeltbedrijf met houtskool, maar in 1709 verdwijnt de kostenpost van houtskool uit zijn boekhouding, wat er op wijst dat hij in dat jaar is overgegaan op steenkool of cokes. Meer is niet bekend over de uitvinding van de cokeshoogoven. Zonder twijfel is Darby bekend met de eigenschappen van steenkolen-cokes. Of hij van de ondernemingen van Dud Dudley waarin deze ijzer met cokes smolt, gehoord of gelezen heeft is niet bekend, maar aangezien Darby in de omgeving van Dudley is

opgegroeid en in de Quakerfamilie veel werd gelezen, ligt het wel voor de hand. Sterker nog, Darby is familie van Dudley, aangezien de oudere zuster van Dudley zijn overgrootmoeder is.⁹⁵ Er zal ongetwijfeld binnen de familie wel iets zijn blijven hangen van Dudley's experimenten. Cokes wordt dan al in de mouterij en in de kopermakerij gebruikt. Het is derhalve aannemelijk, dat Darby meer ervaring met cokes heeft en minder last van vooroordelen dan de gevestigde ijzersmelters. Hoe hij het probleem van zwavel heeft opgelost is niet overgeleverd. Ondanks zijn achtergrond en de praktisch verworven kennis in het smeltbedrijf, beschikt hij niet over de kennis, dat zwavel, tijdens het hoogovenproces, afhankelijk van de chemische samenhang van cokes, ijzererts en kalk, bij een langere procesvoering en hoge temperatuur, zich het succesvolst laat afscheiden. Er kan een portie geluk bij gekomen zijn, bijvoorbeeld de in vergelijking met elders gewonnen steenkool geringe zwavelgehalte van 0.5% van de plaatselijke kolen, die vanwege die eigenschap 'sweetcoal' wordt genoemd. In ieder geval staat vast dat Darby de eerste is, die in de hoogoven ijzererts met cokes heeft gesmolten. Van een krachtige verspreiding van de nieuwe productiemethode is echter vooralsnog geen sprake.

De Darby's produceren alleen ijzerwaren; keukengerei, zoals driepotige ketels en potten en later ook de cilinders voor Newcomen's stoommachines. In aanvang vermengt Darby de cokes nog met houtskool, later ook met turf. Hij heeft met zijn ijzer succes en staat op het punt een vermogend man te worden als hij, nog maar veertig jaar oud, overlijdt. De oudste van zijn twee zoons is dan zes jaar oud, maar zal als Abraham Darby II de meest beroemde worden van de familie. Als hij negentien jaar oud

⁹⁵ C. Higgs, *Dud Dudley and Abraham Darby; Forging New Links*

is gaat hij ook aan de slag in het hoogovenbedrijf, maar aangezien zijn vaders bedrijf onder de leiding van een bloedverwant ten gronde is gegaan kan hij van voren af aan beginnen. Na een moeizame periode van experimenteren slaagt hij er in 1735 in om cokes te maken en met deze cokes een goede kwaliteit ruwijzer te produceren. Een kwart eeuw lang smelt hij ijzer op cokes. In deze periode vindt het met cokes smelten overal in Groot-Brittannië ingang. Zijn zoon, Abraham Darby III, komt na het overlijden van zijn vader, op achttienjarige leeftijd aan de leiding van de fabriek te staan. Hij bouwt het bedrijf uit tot een van Englands grootste gieterijen van de achttiende eeuw. Hij is het die als eerste een gietijzeren brug bouwt, niet ver van zijn bedrijf, over de Severn. Het gevaarte heeft een spanwijdte van 100 voet en is zo hoog dat barges er onderdoor kunnen varen.⁹⁶

De Ironbridge over de rivier de Severn in Coalbrookdale, thans Ironbridge genaamd. Naar een schilderij van William Williams uit 1780. Voor meer dan 150 jaar werd dit schilderij als verloren beschouwd. In 1992 dook het schilderij op en kon The Ironbridge Gorge Museum het verwerven.



In het Gorge Museum in Ironbridge stond enige jaren geleden een bord waarop te lezen viel dat de ontwikkeling van het ijzer even belangrijk is als

bijvoorbeeld de bouw van de piramides in Egypte. In eerste gedachte lijkt het een overschatting om zoiets gewoons als gietijzer op gelijke hoogte te stellen met één van de zeven wereldwonderen. Als je er wat langer over nadent is het dat niet. De rol van gietijzer is zelfs belangrijker. Het heeft de wereld wezenlijk van aanzien veranderd, wat je van de piramides niet kunt zeggen. Alle omstandigheden die uiteindelijk tot succes leiden zijn in de Gorge aanwezig: waterkracht, transportmogelijkheden over water, kolen, erts en kalksteen voor de toeslag. Het duurt evengoed toch nog zes jaar voor Darby een goed product levert en dan nog voor een beperkte markt. Gietijzer is bros en niet goed smeedbaar en alleen geschikt om mee te gieten. Vooralsnog blijft smeedijzer, geproduceerd in hoogovens gestookt met houtskool, in gebruik. Eerst nadat ontdekt is hoe op een effectieve wijze het koolstofpercentage (frissen) kan worden verlaagd, komt er een 'taaier' soort ijzer op de markt, dat ook als smeedijzer bruikbaar is.

Uit het voorgaande mag blijken, dat de Industriële Revolutie allerm minst een 'revolutie' is, maar een ontwikkeling van jaren en jaren. Het meest interessante is, dat de min of meer parallelle gebeurtenissen elkaar beïnvloeden en versterken. De samenhang laat zich niet in een paar woorden duiden, daarvoor is het te complex. Het is een spectaculaire evolutie, vanwege zijn duurzame en indringende invloed op de samenleving, maar geen revolutie wat immers een fundamentele verandering met onmiddellijke ingang betekent. In één adem met de ontwikkelingen in de ijzerindustrie moeten genoemd worden, de ontwikkeling van de mijnindustrie en de ontwikkeling in het transport. De ontwikkeling van de mijnindustrie komt in een versnelling als er pompen op stoomenergie toegepast gaan worden. Daarmee kan het grondwater worden weggepompt en wordt het mogelijk op grotere diepte steenkool te delven. Het groeiende gebruik van mijnbouwproducten veroorzaakt een groeiende behoefte aan transportcapaciteit. De aanleg van kanalen voorziet daar in eerste instantie in,

⁹⁶ J. Semjonow, *De rijkdommen der aarde* (Amsterdam z.j.) p. 411-12

maar stoomtractie, die mogelijk wordt door de ontwikkeling van de ijzerindustrie en de innovaties in de stoomtechniek, geeft nieuwe impulsen. Ook de opkomende textielindustrie draagt met innovaties bij aan de vele veranderingen. Er komen nieuwe machines; zoals het Waterframe en de Spinning Jenny. Het aanwenden van stoomkracht met daaraan gekoppeld de vele drijfriemen van de weef- en spinmachines brengt de productiviteit snel omhoog.

De oorspronkelijk houten weefgetouwen en spinmachines krijgen ijzeren opvolgers. Is de spincapaciteit eerst te klein voor de zich almaar uitbreidende weefcapaciteit (door introductie van de schietspoel i.p.v. de smietspoel); na invoering van de Spinning Jenny wordt er nu méér draad gesponnen dan de weefgetouwen kunnen verwerken. De weefcapaciteit wordt uitgebreid en krijgt weer een voorsprong en zo gaat het spel van haasje over spelen nog een tijdje door; enerzijds door uitbreiding van het aantal spinnen en getouwen en anderzijds door technische verbeteringen. Bediende een wever in het midden van de negentiende eeuw één getouw, aan het eind van de eeuw zijn dat er al zes. Het zal verder oplopen tot meer dan twintig machines, terwijl de capaciteit per machine ook almaar groeit.



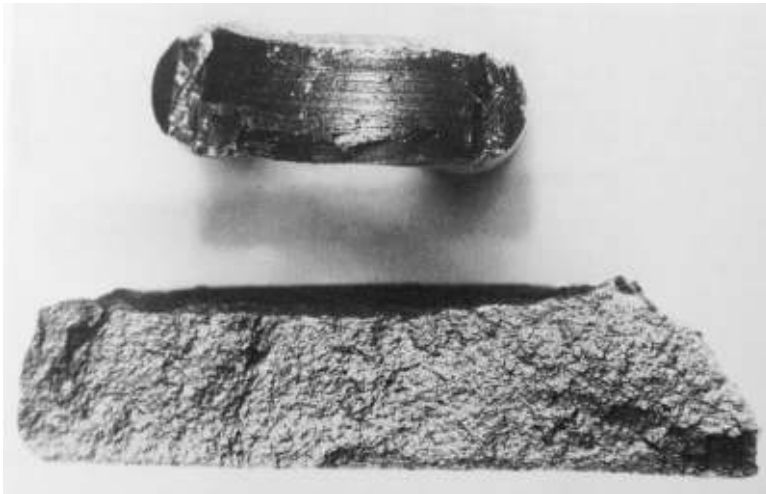
Het Paleis voor Volksvlijt is gebouwd in de jaren 1859-1864. De gevels van het gebouw, geïnspireerd op het Crystal Palace te Londen, zijn hoofdzakelijk van ijzer en glas. In 1929 gaat het gebouw door brand verloren. Opmerkelijk genoeg blijven uitsluitend de gietijzeren kolommen en de omgangsgalerij, geleverd door de DRU te Ulft, overeind. De restanten van het Paleis zijn gesloopt ten behoeve van de bouw van de Nederlandsche Bank.

Ook andere industrieën komen op. Soms door nieuwe behoeften, maar ook door gebruik te maken van de 'restcapaciteit'. De kleisteen, bijproduct van de kolenmijnen kan prima worden verwerkt in de aarde-

werkindustrie. Op hun beurt gebruiken deze industrieën weer ijzeren machines en stoomkracht dus energie uit kolen om hun producten te bakken. Je kunt zeggen dat de 'Industriële Evolutie' zijn basis vindt in ijzer en kolen. Samen maken ze de (stoom)machines. Ze leveren de energie en de apparatuur. De negentiende eeuw zou je met enige dichterlijke vrijheid het ijzeren tijdperk kunnen noemen. Gietijzer, aanvankelijk alleen aangewend voor huishoudelijke attributen als: potten en pannen, krijgt een steeds bredere aanwending. Het meest in het oog springend is het gebruik als constructiemateriaal van bruggen, stationsoverkappingen en grote hallen zoals het Paleis van Volksvlijt te Amsterdam of het Crystal Palace in Londen. 'Wolkenkrabbers' zoals het beroemde New York Statebuilding worden mogelijk vanwege de toepassing van staalconstructies. Ook veel 'straatmeubilair' is van gietijzer. Voorbeelden daarvan zijn de lantaarnpalen rond het Paleis op de Dam in Amsterdam of op het Bickerseiland, eveneens te Amsterdam. Deze lantaarnpalen zijn afkomstige van de voormalige gietery De Prins van Oranje te 's-Gravenhage. Het doel van de ijzerwinning is sinds de verbreiding van de hoogoven in de zestiende eeuw de fabricage van technisch ijzer in twee verschillende kwaliteiten: ruwijzer (en het daaruit vervaardigde smeedbare ijzer) en staal. Dit doel wordt door technische behandeling van de grondstof en de daarop aansluitende materievervorming door smelten, gieten en omvormen door smeden of walsen bereikt. Aan dit productiedoel is tijdens de Industriële Revolutie geen verandering gekomen. Wel zijn de productiemethoden, de technische inrichting, de grootte van de oven en de omvang van de productie sterk veranderd.

over hete lucht en fris ijzer

De weg van erts tot smeedbaar ijzer vergt in het hoogovenproces twee materieveranderingen. De eerste is het smelten van het erts met als resultaat ruwijzer met een koolstofgehalte tot 4,5%. Vervormen van ruwijzer is alleen mogelijk door middel van smelten en gieten. De gietproducten zijn evenmin smeedbaar. Smeedijzer, frisijzer, tegenwoordig staal wordt uit ruwijzer gemaakt door een tweede materieverandering, het zogenaamde frissen. Doel van het frissen is het verlagen van het koolstofgehalte tot 0,1%. Het frisijzer is zowel koud als warm te vervormen door middel van smeden, walsen of persen en met herhaald verhitten te verwerken tot staaf en plaatijzer.



De verschillen tussen smeedijzer en gietijzer zijn goed waarneembaar op een breukvlak. Het smeedijzer (boven) laat een vezelachtige structuur, zoals bij hout, zien en het gietijzer (beneden) een kristalstructuur.

Een hoogwaardig product van het hoogovenbedrijf is het hardbare staal, dat met verschillende technieken van opkolen uit speciale soorten frisijzer wordt gemaakt. De enige koolstofdrager die in het Europese hoogovenbedrijf tot in

de achttiende eeuw wordt gebruikt is houtskool dat vrijwel uitsluitend uit koolstof bestaat en geen bijmengsels van enige omvang bevat die de technische eigenschappen van het ijzer nadelig kunnen beïnvloeden. De koolstof dient niet alleen als brandstof om de noodzakelijke temperatuur van 1150 tot 1600 graden Celsius te bereiken, maar ook als reactiemiddel om het ijzererts te reduceren. Het probleem van steenkool, of van de veredelde vorm ervan: cokes, is dat het zwavel bevat. Het zwavel verbindt zich ten dele met het ijzer, wat de kwaliteit niet ten goede komt.

Ofschoon de ijzerproductie in Groot-Brittannië een lange traditie kent, is er vóór de achttiende eeuw geen sprake van een voortrekkersrol. De belangrijkste vernieuwingen in de vóór-industriële tijd, zoals de hoogoven, verschillende frismethoden en de draaibank komen van het vasteland van Europa naar Groot-Brittannië. De ijzerproductie van vóór 1700 is nogal star van opzet en reageert traag op vraagontwikkeling. Een productieverhoging in de bestaande smelterijen door uitbreiding van het bedrijf en verlenging van de jaarlijkse productietijd worden door drie factoren beperkt: regionale en seizoensmatige beschikbaarheid van waterkracht, schaarste aan vaklieden en de regionale prijs van hout, resp. houtskool. In de zeventiende eeuw stijgt de prijs van houtskool, door stijgende houtprijzen, maar ook vanwege stijgende loonkosten van houtkappers, kolenbranders en voerlieden. Omstreeks 1750 produceert Engeland 25.000 ton ruwijzer per jaar. Ter vergelijking de ijzerindustrie in Stiermarken (Oostenrijk) produceert tweemaal zoveel.

De Britse ijzerindustrie kan in de achttiende eeuw niet voldoende ijzer produceren, om aan de stijgende vraag naar producten van ijzer voor landbouw, mijnbouw en scheepsbouw te voldoen. Ook de kwaliteit van het Britse ijzer laat te wensen over wat de Britse marine doet besluiten, haar schepen niet uit te rusten met uit Engels ijzer gemaakte ankers, ankerkettingen en mastringen. Groot-Brittannië is aangewezen op import van ijzer, vooral uit Zweden en in mindere mate uit Rusland. Engeland is in de tweede helft van de achttiende eeuw de grootste ijzerimporteur in de wereld. De invoer bereikt haar hoogtepunt in 1793 met 59.000 ton en tot het jaar 1775 importeert het land meer ijzer dan dat het zelf produceert. Weliswaar heeft Groot-Brittannië ijzererts en steenkool in overvloed, maar deze voorraden kunnen nog niet worden benut, aangezien de problemen van het

smelten met steenkool en het omzetten van ruwijzer in smeedijzer nog niet zijn opgelost.⁹⁷ De technische vernieuwingen vangen begin achttiende eeuw aan, maar het zal nog tot het einde van de eeuw duren alvorens de cokeshoogoven gemeengoed wordt en de techniek van het frissen met steenkool de plaats inneemt van het oude haardfrissen met houtskool. Gelijktijdig met de omwenteling van houtskool naar steenkool stijgt vanaf 1750 voortdurend de productie van ruwijzer. In 1775 bereikt het 44.000 ton. In 1790 is dat reeds verdubbeld. De grote sprong in de Britse ijzerproductie vindt na 1790 plaats door de verspreiding van de methode om smeedijzer te maken met behulp van steenkool. In 1805 is de productie van ruwijzer ca. 250.000 ton. Daarmee verzorgt Groot-Brittannië ongeveer éénderde van de Europese productie van ruwijzer. De voormalige grootimporteur is binnen 25 jaar de grootste producent en exporteur ter wereld geworden en behoudt deze positie bij een voortdurende groei tot het laatste trimester van de negentiende eeuw.

Ontwikkeling van het aantal cokeshoogovens in Groot-Brittannië 1750-1791

Jaar	Totaal hoogovens	houtschool hoogovens	Cokes Hoogovens	% cokeshoogovens van totaal
1750	74	71	3	4
1760	88	64	14	16
1775	74	44	30	40
1780	77	34	43	56
1785	81	28	53	65
1788	86	26	60	70
1791	107	22	85	79

Bron: Ch. K. Hyde, *Technological change and the British iron industry* (Princeton 1977)

In 1849, als de productie twee miljoen ton bedraagt zijn de regio's met het grootste aandeel in de Britse ruwijzer productie: Zuid-Wales, de 'Black Country' met Staffordshire aan kop en Schotland. Deze, maar ook gebieden met een kleinere grondstofvoorraad, zoals Shropshire, hebben naast hun technische voorsprong een door de natuur gegeven kostenbesparend voordeel van dicht bijeen gelegen ijzererts en steenkoolmijnen. Het Britse hoogovenbedrijf kan het ijzer, ondanks het sterk gestegen gebruik vanwege de expanderende machinebouw en de bouw van nieuwe transportwegen en transportmiddelen, leveren tegen prijzen die vervanging van hout door ijzer, voor de constructeur, maar ook voor de ondernemer aantrekkelijk maakt. De economische voorwaarde voor deze productieve groei is de bereidheid tot kapitaalsinvesteringen die in omvang alleen door enige kolenmijnen zijn overtroffen. Voor een complete hoogoven met pudel- en walswerk is reeds in 1800 tachtig tot honderdduizend pond nodig. In de tussen 1815 en 1820 in Wallonië gestichte bedrijven wordt tussen de 250.000 en 300.000 pond geïnvesteerd. Het grote verschil in investeringskosten laat zich verklaren uit de voortschrijdende innovatie: de cokeshoogoven, het hete lucht blazen (het meest ingrijpende middel tot optimalisering van het smeltproces), het frissen met behulp van steenkool (het zogenaamde puddelen) en de overstap naar het walsen als de belangrijkste manier van vervormen van ijzer. Het is opvallend, dat afgezien van het walsen, de technische vernieuwingen tijdens de Industriële Revolutie van het hoogovenbedrijf bedacht zijn door buitenstaanders. Het zijn Abraham Darby, Henry Cort, James Beaumont Neilson en Henry Bessemer die de mijlstenen plaatsen in de geschiedenis van de metallurgie, maar zij stammen noch uit een familie van ijzersmelters, noch zijn ze in de traditie van het hoogovenbedrijf opgegroeid. Achteraf beschouwd lijkt dat in hun voordeel te zijn geweest.

⁹⁷ Akos Paulinyi, 'Die Umwälzung der Technik in der Industriellen Revolution ...' p. 383-6

De kennis van de ijzersmelter is ervaringskennis, die gedurende honderden jaren is vergaard en van generatie op generatie is doorgegeven. Chemische formules zijn hun niet bekend, maar ze kunnen aan de hand van kleur en consistentie de in de regio voorkomende ertsen op kwaliteit keuren. Aan de kleur van de vlammen en ook aan de kleur van de slakken zijn ze in staat om de voortgang van het proces in de hoogoven of de frishaard te beoordelen. Zo kunnen zij het proces bijstellen. Bij de eerste hamerslag kunnen zij de kwaliteit van het ijzer vaststellen en uit mislukkingen gevolgtrekkingen maken. Het functioneert zo goed en zo kwaad als dat gaat onder de voorwaarden dat aan de traditionele manier van werken maar niets wordt veranderd. Wat de vader heeft beproefd is voor de zoon goed genoeg. De in het beroep van smelter, frismeester en hamermeester opgegroeide hoogovenlieden staan wantrouwend, ja zelfs afwijzend, tegenover experimenten. Buitenstaanders zijn daarmee niet behept en ondanks alle verschillen in beroepsmatige achtergronden hebben 'uitvinders' één ding gemeen: de lust tot experimenteren.⁹⁸

Alexander Brody's ijzermolen op de zuidoever van de Severn, een halve mijl stroomafwaarts van Ironbridge, in 1788. De mensen op de gravure zijn half zo groot als in werkelijkheid om de oven groter te doen lijken. Gravure van Wilson Lowry, naar een tekening van George Robertson.



Tot 1750 is het smelten met cokes nog beperkt tot enige bevriende en verwante ondernemers te Shropshire. Eerst in 1750 wordt in Doulais in Zuid-Wales en 1760 in de Carronhoogoven te Schotland ook met cokes gesmolten. Spoedig daarna volgt de doorbraak van de cokeshoogoven.

De aanvankelijk trage verspreiding en de dan schielijke uitbreiding valt te verklaren uit de productiekosten die in de jaren na 1760 onder die van het smelten met houtskool komen. Cokes heeft andere eigenschappen dan houtskool: het is vaster, bakt dichter aaneen en ontwikkelt meer gas. Met deze eigenschappen moet bij het verder ontwikkelen van de hoogoven, met name de luchtbehandeling en de beheersing van de smeltgang, rekening worden gehouden. De cokeshoogoven heeft een ander profiel nodig en een krachtiger blaaswerk, alleen dan komen de voordelen van het gebruik van cokes tot uiting. De sterk belastbare samengebakken cokeslaag, die de bovenliggende massa van vele lagen erts en kolen kan dragen, maakt het mogelijk om grotere hoogovens te bouwen. Om deze rendabel te laten werken zijn grotere blaaswerken nodig, die een grotere hoeveelheid lucht onder hogere druk leveren. Voor deze blaaswerken is meer aandrijfenergie nodig, minstens een geschikt waterrad of beter een stoommachine. Darby en zijn navolgers moeten aan de hand van de praktijk de problemen oplossen en daar is de nodige tijd mee gemoed. Vanwege hun kennisvoorsprong in de giettechniek, in het bijzonder met het gieten in zand, slagen ze er toch in met de nog 'slechte' cokeshoogoven uit de kosten te komen. De beslissende economische prikkel om in de jaren zeventig van de achttiende eeuw cokeshoogovens te bouwen is de stijgende binnenlandse vraag naar ijzer. Ten tijde van de omwenteling van houtskool naar cokes zijn er innovaties die de kinderziekten van de cokeshoogoven stap voor stap oplossen. De eerste belangrijke verbetering is de vervanging van de blaasbalg door een blaaswerk werkend met houten plunjerbakken, maar echt toekomstbestendig is het in 1768 uit ijzer gemaakte cilinderblaaswerk van John Smeaton dat hij installeert in de Carron-fabriek te Schotland. Het cilinderblaaswerk, aangedreven

⁹⁸ Akos Paulinyi, 'Die Umwälzung der Technik in der Industriellen Revolution ...' p. 386-8

met een waterrad of stoommachine, garandeert de benodigde hoeveelheid blaaslucht. Het blazen van lucht door meerdere ingangen zorgt voor een meer gelijkmatig luchtstroom in de hoogoven. Een blaaswerk met een hogere en constantere luchttopbrengst, samen met een betere luchtbeheersing, maakt het mogelijk hoogovens te bouwen met een grotere capaciteit. Daarmee kan de gemiddelde dagproductie van 2 á 3 ton in de periode 1740-1790 opgevoerd worden tot 5 á 7 ton in de periode 1790-1830.



Grove cokes. Cokes is het product van droge destillatie (ook thermolyse of pyrolyse genaamd) van steenkolen bij temperaturen tussen de 900 en 1100° C.

Het specifieke kolenverbruik (kolen per ton ruwijzer) moet in de experimentele tijd zeer hoog zijn geweest. De enige beschikbare gegevens daaromtrent zijn die van de Horse-say hoogoven te Shropshire. In de periode 1755-1806 is er een gemiddeld verbruik van 5,5 tot 6,6 ton cokes voor één ton ruwijzer, terwijl voor het maken van één ton cokes drie ton steenkool nodig is. Daaruit volgt dat er 16,5 tot 19,8 ton steenkool nodig is voor

het maken van één ton ruwijzer. In de eerste dertig jaar van de negentiende eeuw vermindert het steenkoolverbruik per ton ruwijzer door verbeteringen aan de hoogoven en in de cokesfabricage tot zeven ton steenkool, respectievelijk 3 ton cokes. Een in het oogspringende vermindering van het steenkoolverbruik wordt in de jaren dertig van de negentiende eeuw bereikt met het blazen van hete lucht. Het is de belangrijkste technische vernieuwing voor de warmtehuishouding in het hoogovenproces in de negentiende eeuw. Het idee om in de hoogoven warme in plaats van koude lucht te blazen is van James Beaumont Neilson (1792-1865), werkmeester in de gasfabriek van Glasgow. Neilson, die zijn in een gieterij opgedane kennis verdiept met avondcursussen wis-, natuur- en scheikunde, komt op een curieuze manier op de gedachte om met hete lucht te blazen. Bij de uitbreiding van een hoogovenbedrijf blijft er voor het blaaswerk onvoldoende ruimte over en deze wordt derhalve op een afstand van ca. 800 meter gebouwd. Vanwege de lange leiding ontstaat drukverlies en de om raad gevraagde Neilson adviseert dit te compenseren door middel van verhitting. Hij experimenteert in de smederij van zijn gasfabriek met de toevoer van verwarmde lucht in het smidsvuur. Nadat hij vaststelt dat een zekere hittegraad sneller kan worden bereikt, zelfs met minder kolen, is hij er van overtuigd dat dit ook in het smeltproces in de hoogoven succesvol moet zijn. Uitproberen in een hoogoven stuit echter op bezwaren bij de smelters, aangezien zij uit de praktijk weten, dat bij koud weer in de winter de fabrieksresultaten beter zijn dan in de zomer. Wat de smelters echter aan de kou wijten, wordt in werkelijkheid veroorzaakt door de hoge luchtdruk en de lage luchtvochtigheid. Neilson die in 1828 een patent op zijn idee krijgt, moet meer dan twee jaar wachten aler de eigenaar van de Clyde-hoogoven hem de 'gunst' bewijst zijn ontdekking bij hem uit te proberen. De resultaten doet de smelters al gauw hun vuistregel 'hoe kouder, hoe beter' vergeten. De dagopbrengst is hoger. Het kolenverbruik per ton ruwijzer daalt bij het gebruik van lucht van 150° C van ruim acht ton naar iets meer dan vijf ton. Met een verbeterde luchtverhitter bereikt men in 1835 315° C. Het kolengebruik daalt daardoor tot 2,8 ton, terwijl de opbrengst in een etmaal oploopt van 6 naar 9 ton ruwijzer. Het hete luchtblazen heeft veel voordelen: minder kolenverbruik en derhalve lagere productiekosten en een grotere productie waardoor de kapitaalslasten verminderen. Aan het eind van de jaren dertig van de negentiende eeuw wordt in Groot Brittanië 55% van het ruwijzer geproduceerd in hoogovens met een heteluchtblaaswerk. Het langst duurt de overstap in Zuid-Wales. Door de aanwezige hoogwaardige grondstoffen en de gunstige vestigingscondities worden al de beste resultaten bereikt. Er is dan ook sprake van 'de wet van de remmende voorsprong'. In 1839 heeft

Zuid-Wales tussen de 34 en 40% aandeel in de totale ruwijzerproductie van Groot-Brittannië. Van de 454.000 ton ruwijzer wordt slechts 10% gemaakt in hoogovens met een hete lucht blaaswerk. Het meeste voordeel uit de nieuwe apparatuur trekken de Schotse bedrijven, die hun aandeel in de Britse ruwijzerproductie aanzienlijk weten te vergroten. Neilson kan zijn ontdekking, in tegenstelling tot Crompton, Arkwright of Cort, in baar geld omzetten. Zijn geniale, algemeen toegepaste patent van 1828, waarin hij alleen het principe van luchtverhitting, maar niet de daarbij noodzakelijke apparatuur laat beschermen, brengt hem met een licentietarief van 0,05 pond per ton ruwijzer een vermogen op.



Restanten van 'Bedlam Furnaces' op de noordoever van de Severn. De ijzermolen, in 1750 gebouwd als een van de eerste 'moderne' cokeshoogovens, is in gebruik geweest tot in de negentiende eeuw. In 1776 komt het bedrijf in bezit van Abraham Darby III en het is zeer waarschijnlijk dat het een bijdrage heeft geleverd aan de bouw van de Ironbridge. Later behoort het bedrijf tot de maatschappij waar John Wilkinson eigenaar van is. (foto: Dina)

Een invloedrijke Schotse hoogoveneigenaar, tracht het patent te omzeilen, maar na een rechterlijke uitspraak in 1853, in een door Neilson aangespannen proces, moeten hij en de aandeelhouders diep in de buidel tasten en 106.000 pond op tafel leggen.

Neilson is met de opbrengst van zijn patent tevreden, koopt een landgoed waarop hij zich in 1847 vestigt en laat, na de rechtszaak in 1853, nooit meer wat van zich horen. Neilson is in zijn tijd, hoewel geen beroepswetenschapper, toch een typisch voorbeeld van hoe wetenschappelijke kennis zijn weg naar de praktijk vindt. Zijn werkwijze voldoet aan die van de experimenterende natuurwetenschappers. Zijn laboratorium is het smidsvuur. Hij noteert nauwkeurig zijn waarnemingen en concentreert zich al spoedig op de verschillen die zich bij de toevoer van warme en koude lucht voordoen. Zijn conclusie, dat de verbranding wordt verbeterd met toevoer van warme lucht is dan ook geen toevalstreffer. Verdere studie naar de theoretische onderbouwing van de werking van het (warme) luchtblazen onderneemt Neilson niet. Hij neemt genoeg, zoals de meeste praktijkmensen, met de praktische resultaten.

Een volgende stap in de verbetering in de warmtehuishouding in de hoogoven is het gebruik van het hoogovengas voor de luchtverhitting. Deze manier van werken stamt niet uit het moderne hoog-

ovenbedrijf, maar uit Baden-Württemberg waar de hoogovens nog met houtskool werken. Nadat het in 1831-32 door Von Faber du Faur (1786-1855), een hoogovenbedrijfsleider te Wasseraalzingen, geconstrueerd verhitingsapparaat, met gebruik van hoogovengas, zich in de praktijk heeft bewezen, verspreidt het zich zeer snel over alle regio's waar met houtskool gestookte hoogovens actief zijn. In Groot-Brittannië is in 1833 in Staffordshire een met hoogovengas verwarmde luchtverhitter in gebruik. Navolging krijgt dit vooralsnog niet, aangezien er in alle hoogovenbedrijven niet verhandelbare kleinkolen liggen opgeslagen die de brandstofkosten zo minimaal maken, dat de meeste hoogoveneigenaren afzien van het benutten van het hoogovengas. Eerst nadat Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), beroemd door de door hem bedachte Bunsenbrander, en Lyon Playfair (1819-1898) hun onderzoeken naar de chemische samenstelling van cokeshoogovengas in 1845 populariseren, nemen geleidelijk aan ook de Britse hoogovenbedrijven deze luchtverhittingsmethode in gebruik. Nieuw geconstrueerde hoogovens, aanvullende verbetering van het windbeheer, watergekoelde gietvormen en verdere optimalisering van het blaaswerk en de luchtverhitting zorgen voor een grotere productie van ruwijzer bij een gelijktijdige daling van het brandstofverbruik. Zo stijgt rond 1850 de dagproductie van een hoogoven tot 20 á 25 ton, terwijl het kolenverbruik per ton ruwijzer zich stabiliseert tussen de twee en drie ton. In de massaproductie van ruwijzer kunnen de houtskoolhoogovens de cokesgestookte ovens niet meer bijbenen, ook niet de eerder zo succesvolle ovens in Stiermarken en Karinthië, ondanks dat daar al snel de technische vernieuwingen, zoals het cilindrischeblaaswerk en het heteluchtblazen met hoogovengasverhitting, zijn ingevoerd. Op z'n best bereiken de houtskoolhoogovens, zoals in Treiback (Karinthië), een dagproductie van 16 ton. Vanwege de stijgende houtskoolprijzen zijn de productiekosten per ton ruwijzer al spoedig verdubbeld. Tegen de concurrentie van de cokeshoogovens kunnen de houtskoolhoogovens zich slechts staande houden met behulp van hoge invoerrechten.⁹⁹

Op z'n laatst in 1800 gaan de Britse hoogovens ruwijzer op voorraad produceren, aangezien het zogenaamde tweede smeltproces, het maken van smeedijzer uit ruwijzer, almaar aan belang wint, maar ook de omvang van gietijzeren producten groeit gestaag. Wordt rond 1750 van het Britse ruwijzer productie circa 90% tot smeedijzer verwerkt, in 1788 is dat gedaald tot rond de 60% en moet het verder benodigde smeedijzer worden geïmporteerd. Tezelfder tijd breken technici zich het hoofd over de vraag hoe je met steenkool ruwijzer kan frissen (verlagen van het koolstofpercentage). Voor het frissen is het gebruik van steenkool vanwege de zwavel een probleem, aangezien bij de hoge temperatuur die voor het frissen nodig is, het ijzer te veel door zwavel wordt aangetast. Hoe intensief de Britse hoogovenlieden met het probleem bezig zijn geweest bewijst het feit dat tussen 1761 en 1783 negen hoogovenlieden 8 patenten verwerven met verschillende methoden van frissen met steenkool of cokes. Grofweg volgen ze twee manieren om de aantasting van ijzer door zwavel te voorkomen. In de ene methode wordt de traditionele frishaard vervangen door de, in de koperverwerking en ijzergieterij al langer bekende, vlamoven waarin brandhaard en smelthaard van elkaar zijn gescheiden. In de eerste worden de kolen gestookt, in de tweede het ruwijzer gesmolten en gefrist. In de andere methode wordt het te frissen ruwijzer in smeltkroezen geplaatst in een met steenkolen gestookte vlamoven. Voor deze methode staat waarschijnlijk de door Benjamin Huntsman (1704-1776) in 1740 in Sheffield ingevoerde kroezenstaalbereiding model. IJzer wordt in de kroezen ontkoold en omgezet in hoogwaardig hardbaar staal.

De eerste duurzame productie van gefrist ruwijzer wordt bereikt met de kroezenmethode. Na tien jaar van experimenteren laten hoogoveneigenaren in Staffordshire in 1761, respectievelijk in 1763 en 1773 een in de kern gelijk procédé patenteren waarmee in 1788 ongeveer 50% van het Britse stafiijzer wordt gemaakt. De methode staat als 'Potting', Stamping and Potting' of als 'Shropshire Frischmethode' bekend en bestaat uit drie bewerkingsstappen. Allereerst wordt het siliciumrijke cokesruwijzer in een gewone frishaard met steenkool of cokes 'gewit', een procédé, dat ook bij het houtskoolfrissen op het zogenaamde grauwe of grijze ruwijzer werd toegepast. Door het 'witten' wordt het siliciumgehalte beduidend en het koolstofgehalte enigszins verminderd. Vervolgens wordt het 'gewitte' ruwijzer, op verschillende manieren: gieten, granuleren of stampen ('Stamping') verkleind en

⁹⁹ Akos Paulinyi, 'Die Umwälzung der Technik in der Industriellen Revolution...' p. 389-97

met toevoeging van slak of kalk, vóór het binden van zwavel en vóór het ontslakken, in de kroezen geplaatst. Tenslotte wordt het ijzer in de gesloten kroezen in een met steenkolen gestookte vlamoven ontzwaveld en ontkoold (gefrist). Aansluitend wordt uit de gebarsten kroezen de klompen gefrist ijzer genomen en tot stafijzer uitgesmeed. Ondanks de hoge arbeidskosten, het grote materiaalverbruik en het brandverlies van rond de 40% (100 kilo ruwijzer levert 56 tot 62 kilo gefrist ijzer op) zijn de productiekosten lager dan die bij het frissen met houtskool vanwege de bescheiden steenkoolprijs.



Ynysfach Ironworks te Merthyr Tydfil in Wales. Al in 1769 is er op deze plaats een ijzermolen actief. In 1801 worden er twee nieuwe hoogovens gebouwd met een hoogte van 53 voet (ca. 16 m), wat in die tijd zeer aan de maat is en met een door een stoommachine aangedreven blaaswerk. Het bedrijf is in 1874 stilgelegd. Naar een waterverfschilderij van Penry Williams ca. 1825.

wroeten in de gloeihitte

Eenvoudiger is het frissen direct in de smelthaard van een vlamoven. Dit wordt toegepast vanaf de jaren zestig van de negentiende eeuw in het centrum van de cokesruwijzerproductie te Shropshire en daarna in Zuid-Wales. De eerste patenten voor dit procédé dateren tussen 1766 en 1783. De door deze patenten geboden bescherming beperkt de verspreiding van de methode. Eerst met het in 1784 gepatenteerde vlamovenfrissen van Henry Cort (1740-1800), later bekend als ‘puddelen’, komt er een verbreding. Cort is geen hoogovenman, noch iemand die ‘in de omgeving van ijzer’ is opgegroeid. Hij is scheepsuitruuster en neemt in 1775 van een zakenpartner, die zijn verplichtingen niet kan nakomen, de leiding over van een klein hoogovenbedrijf, in Fontley bij Portsmouth, een belangrijke haven en zetel van de marine. Naast de ijzerhandel moet Cort zich nu ook bezighouden met de problemen van de ijzerwinning. In 1789 profiteert hij van de oorlogsomstandigheden en krijgt een grote opdracht van de marine voor het leveren van ijzeren mastbanden. Hij breidt het hamerwerk van zijn bedrijf uit met een walserij. Hij ziet af van het gebruik van het in prijs sterk gestegen Zweedse staafijzer en koopt van de marine tegen een billijke prijs bandenschroot, maar wel met het nadeel

dat de verwerking tot grondstof hoge arbeidskosten met zich meebrengt. Dit nadeel tracht hij door technische vernieuwingen, die hij in 1783 laat patenteren, op te vangen. Voor het lassen van de schrotoppakketten gebruikt hij in plaats van de gebruikelijke haard met blaaswerk een met steenkool gestookte vlamoven zonder blaaswerk en voor het omvormen van de knuppels tot staafijzer, gegroefde, zogenaamde gekalibreerde walsen. Beide vernieuwingen zorgen voor een daling in de productiekosten, omdat zowel het lassen in de vlamoven alsook het omvormen van de knuppels tussen de gekalibreerde walsrollen sneller en met lagere brandstofkosten verloopt. Bovendien is voor de lasoven geen waterrad en blaaswerk nodig.



Een bijzonder sterke puddelaar is William Ball, bijgenaamd 'the Shropshire Giant'. Ball weegt 254 kg. In 1850 leidt hij een processie van 4.000 mensen ter viering van de geboortedag van Abraham Darby II. Er is een speciale kraan gemaakt om hem op zijn paard te zetten.

Met het frissen van ruwijzer komt Cort in 1783 voor het eerst in aanraking als hij, wederom door zijn goede contacten met de marine, de gelegenheid krijgt om tegen zeer gunstige voorwaarden schroot te kopen. Het zijn overwegend grote brokken ruwijzer, die in zeegaande schepen bij onvoldoende diepgang als ballast worden gebruikt. Het is aannemelijk dat Cort op de hoogte is van de proeven om ruwijzer in de vlamoven te frissen. Hij lost het probleem op de meest eenvoudige manier op, zonder witten, zonder kroezen en zonder blaaswerk. In de haard van een met steenkolen gestookte vlamoven worden de brokken ruwijzer gesmolten. Voor een voldoende regulering van de temperatuur van het gesmolten ruwijzer wordt dit met slakken bedekt. Een arbeider roert met een ijzeren stang bij voortdurend door de dikvloeiende ijzermassa om deze te ontkolen. Uit de, vanwege het lagere koolstofgehalte stollende frisijzer, worden in de haard enige wolven gevormd en op lasthite uit de haard genomen. De wolven worden onder de hamer gestuikt en aaneengelast. De aaneengelaste wolven worden in de vlamoven opnieuw verhit tot lasttemperatuur en tot de gewenste profieldikte en lengte vervormd. Uit Cort's patent van 1784 valt op te maken, dat hij het frissen in de vlamoven en het vervormen met een walswerk als twee stappen in het arbeidsproces 'het effectieve gebruik van vuur en machine' ziet. Daarmee is de Engelse methode van staafijzerfabricage: frissen en lassen in de vlamoven en walsen tot eindproduct, compleet. De latere naam voor het vlamovenfrissen: puddelen, wat wroeten betekent en niet roeren, stamt uit het spraakgebruik van de hoogovenarbeiders uit Shropshire en werd uiteindelijk het vakjargon voor de methode van Cort. Cort en zijn vaklieden leggen in Shropshire en Zuid-Wales tot 1790 de basis voor het gebruik van de nieuwe methode. Naar zijn voorbeeld worden zes puddel- en walswerken gebouwd. Zijn vaklieden werken als instructeurs bij het aanleren van de belangrijkste kneepjes van het puddelvak. Het directe puddelen van het siliciumrijke cokesruwijzer op de met zand beklede bodem veroorzaakt echter problemen en in Zuid-Wales grijpt men ze om die reden terug op het tweefasenfrisprocédé: het ruwijzer wordt eerst in de witoven met cokes gewit en daarna gepuddeld. Later, na 1820, puddelt men op een met slakken bedekte bodem. De basische, ijzeroxiderijke slakken bevorderen het frissen en zorgen er tevens voor dat het grijze gietijzer wordt gewit. Dit zogenaamde 'Pig-Boiling', in het Duits 'Kochfrischen' of 'Schlackenpuddeln' genaamde methode is in Engeland hoofdzakelijk in Staffordshire toegepast. De ontstaansgeschiedenis van het puddelen in het hoogovenbedrijf van Cort doet vermoeden, dat het al eerder is toegepast. Het door de marine verkochte ruwijzer is geen cokes, maar houtskoolruwijzer waardoor Cort geen last heeft van het in Shropshire en Zuid-Wales optredende probleem van silicium. Dat Cort de bekleding van de haard met zand uit de gieterij overneemt is een aanwijzing, dat hij noch zijn werklieden weten, dat bij het in principe identieke haardfrissen met houtskool een bodembekleding van slakken wordt gebruikt. De zandbodem, alsook een zure bekle-

ding, die bij het frissen van het siliciumrijke cokesruwijzer bestaat uit kiezelzure slakken, is de slechtst denkbare combinatie: ze verlengt de duur van het frissen, veroorzaakt een hoge ijzerverbranding en tast de bekleding van de haard aan. Cort heeft het geluk dat zijn ijzer op de marinewerven als gelijkwaardig wordt aangemerkt aan het Zweedse ruwijzer. In 1789 houdt zijn geluk op als het bekend wordt, dat zijn financier hem 27.000 pond uit dubieuze bronnen heeft geleend. Om de schuldenlast te ontgaan moet de betalingsonbekwame Cort zijn bankroet aanvaarden. De marineleiding neemt de patentrechten van Cort in beslag. Voor de in de jaren negentig verspreide methode van puddelen ziet Cort geen cent. Het puddelen is gedurende meer dan een eeuw het belangrijkste proces voor het omzetten van ruwijzer in smeedijzer. In de jaren twintig van de negentiende eeuw verspreidt het zich over Frankrijk, België en Duitsland met behulp van Britsen later ook Belgische vaklieden.

Friedrich Christian Remy (1789-1861) is de eerste die in Duitsland, in Rasselstein-Neuwied in 1824/5, een puddelwerk opricht, gevolgd in 1826 door Eberhard Hoesch (1790-1861) te Lendersdorf en Friedrich Hartkort (1793-1880), wel de vader van het Roergebied genoemd, in Wetter a.d. Ruhr.



De fabriek van Friedrich Hartkort op Burg Wetter. Naar een schilderij van Alfred Rethel, 1834.

Remy stamt uit een familie, die al enige generaties lang belangen heeft in de ijzerindustrie en de ijzerhandel. Een oom, Heinrich Wilhelm Remy, eigenaar van het Eisenwerk Rasselstein voert in de jaren zeventig van de achttiende eeuw het walsen in Duitsland in. Het handelshuis Hoffmann, waar de familie belangen in heeft, richt zich vooral op Nederland en verzekert het hoogovenbedrijf van de Remy's te Wenden, de Wendener Hütte,

van liquiditeit en afzet.¹⁰⁰

In de jaren dertig van de negentiende eeuw wordt het puddelen ook toegepast in de hoogovenregio's aan de Saar en de Roer. Het puddelen in de vlamoven met steenkool bevrijdt de productie van smeedijzer in Groot-Brittannië van het keurslijf van de houtskool. Het is ontwikkeld om met behulp van steenkool cokesruwijzer in smeedijzer om te zetten, maar evengoed of zelfs beter laat houtskoolruwijzer zich puddelen en in plaats van steenkool kan bij aanpassing van de vlamoven ook andere brandstof worden gebruikt. Deze ontwikkeling vindt niet plaats in Groot-Brittannië, maar in hoogovenregio's zonder steenkool, het eerst in Zweden en later in de jaren dertig en veertig van de negentiende eeuw ook in Stiermarken, Karinthië en Frankrijk. Voor de aanleg van spoorwegen is veel rails nodig en moet de capaciteit aan puddelovens, gestookt met hout en uit minderwaardige brandstoffen als turf en bruinkool geproduceerd gas, worden uitgebreid. Het stoken met gas, ook uit steenkool, bewijst zich als de effectiefste benutting van brandstof. Een voor de machinebouwer, in het bijzonder die van locomotieven, belangrijke ontwikkeling is de productie van ruwstaal in de puddelovens. Staal puddelen is, na de eerste pogingen in Karinthië en Beieren, in de jaren veertig van de negentiende eeuw in Westfalen, meer in het bijzonder in het Bergische land ontwikkeld en in de praktijk gebracht. De ontwikkeling staat opnieuw op naam van een tweetal niet-hoogovenlieden: de getalenteerde graveerder Gustav Bremme uit Unna en de chemicus Franz Anton Lohage (1815-1872). Vanaf 1849 worden, de tot dan toe met houtskool gestookte haarden, waarin de ruwstaal productie uit Siegen succesvol werd gepuddeld, omgebouwd tot met steenkool gestookte ovens.

Lohage werkt in zijn jonge jaren eerst als landarbeider in de omgeving van Balve en vervolgens als fabrieksarbeider in een chemisch bedrijf in Wocklumern. Voorstellen die hij doet om het werk te

¹⁰⁰ K. Kaufmann, *Chronik der Wendener Hütte* (Olpe 1995³) p. 30-31

vereenvoudigen worden niet alleen van de hand gewezen, maar leiden zelfs tot zijn ontslag. De toenmalige president van Westfalen, Ludwig Freiherr von Vincke, hoort van het voorval en zorgt er voor dat Lohage naar de nijverheidsschool in Hagen gaat. Na afsluiting van zijn schooltijd werkt hij eerst bij chemische bedrijven in Iserlohn en Oraniënburg om vervolgens te studeren aan het nijverheidsinstituut, de latere Technische Hogeschool, te Berlijn. Na beëindiging van zijn studie sticht hij in Dortmund een stearinefabriek. Dankzij de graficus Gustav Bremme uit Unna komt Lohage in aanraking met de staalfabricage. Het door Henry Cort in 1784 uitgevonden en in 1824 door Christian Friedrich Remy voor het eerst in Duitsland uitgevoerde puddelen levert op z'n best week welijzer op. Het maken van hard staal gebeurt min of meer bij toeval. Bremme, die poogt grijsgetijzer door gloeien om te zetten tot staal, vraagt Lohage om advies. Onder nauwkeurige waarneming en sturing van het gloeiproces lukt het Bremme en Lohage om staal in de puddeloven te fabriceren. Gezamenlijk met Gustav Lehrkind uit Haspe sticht het tweetal in 1849 de vennootschap Lohage, Bremme & Co. en passen het proces met goede resultaten toe, in het puddelwerk van Lehrkind, Falkenroth & Co. in Haspe. Kinderziekten worden door ingenieur H. Fehland verholpen. Het gelukt hem ook om het procedé en breder ingevoerd te krijgen, vooral buiten Duitsland. De Pruisische staat, zijn restrictieve patentpolitiek getrouw, wijst de patentaanvraag van Bremme en Lohage af, maar ze verkrijgen al spoedig patenten in het buitenland. In Engeland is de door zijn kwaliteitsproducten beroemde fabriek van Low Moors te Leeds de eerste die het staalpuddelen toepast.¹⁰¹



Het ruim dertig ton wegende vliegwiel van de walse-rij van de voormalige Low Moors Steel Works, de eens zo vermaarde fabriek van kwaliteitsstaal, is nu nog slechts een monument. Het bedrijf is het eerste in Engeland die het procedé van Lohage en Bremme voor staalpuddelen toepast. (foto: Baronas)

Lohage is nu een veel gezocht specialist die veel om hulp wordt gevraagd, vooral bij noodlijdende bedrijven om verbeteringen aan te brengen in de productie van ruwijzer en in de staalfabricage. Alexander von Humboldt laat zich 1854 lovend uit over Lohage vanwege zijn: "scharfsinnigen Betrachtungen" op het gebied van

de ijzer-koolstof-verbindingen in de verschillende ijzersoorten. Tot welstand en aanzien gekomen probeert Lohage zonder resultaat een nieuwe staalzuiveringsproces te ontwikkelen, maar verliest daarmee zijn hele vermogen dat hij met zijn puddelstaal vinding verdienden.

In een verloop van ongeveer vijftig jaar groeit de productie van ruwijzer almaar en wordt de vraag naar frisijzer almaar groter, waardoor het puddelproces meer en meer een bottleneck wordt. Het puddelen is vanwege zijn handmatige methode noodwendig kleinschalig. De puddelaar heeft nu eenmaal zijn menselijke fysieke beperking en met 200 a 250 kg per charge is de grens al meer dan bereikt. Het beroep van puddelaar behoort tot de lichamelijk zwaarste en na vijftien tot twintig jaar is hij volkomen op. In de periode tussen 1800 en 1830 wordt door verbetering aan het proces de opbrengst per oven per 24 uur wel opgevoerd, maar met een maximum van drie ton is de absolute bovengrens wel bereikt. De enige manier om een hogere productie te bereiken is het plaatsen van meer ovens. In 1810 zijn ertussen de 150 en 200 puddelovens in gebruik. Circa 1830 zijn dat ertussen de 1.500 en 2.000. Het maximum aantal ovens wordt bereikt in 1873 als er bij de 287 hoogovenbedrijven in Groot-Brittannië 7.264 puddelovens staal produceren.¹⁰² Het probleem van de productie-

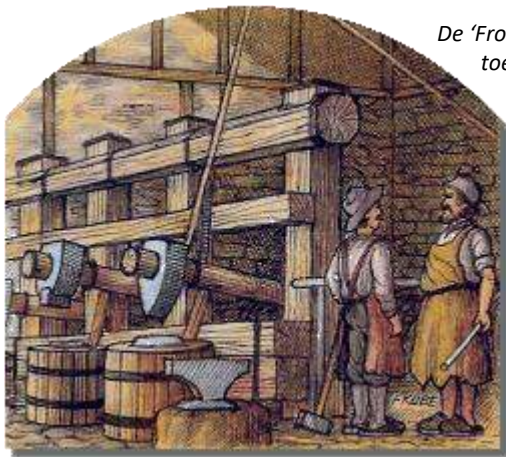
¹⁰¹ Akos Paulinyi, 'Die Umwälzung der Technik in der Industriellen Revolution ...' p. 397-402

¹⁰² Akos Paulinyi, 'Die Umwälzung der Technik in der Industriellen Revolution ...' p. 405-406

beperking door het puddelproces wordt eerst opgelost nadat Henry Bessemer in 1856 een methode ontwikkelt van blazen met zuurstof in de naar hem genoemde Bessemerpeer.

rollen is beter dan slaan

Het met waterkracht aangedreven hamerwerk, een middeleeuwse vinding, blijft vrijwel onveranderd in gebruik tot in het midden van de negentiende eeuw. Waar lichaamskracht te kort schiet biedt het hamerwerk uitkomst, zoals bij het smeden van grote en zware ijzeren producten als scheepsankers en voor halffabrikaten als de uit wolven gewonnen blokken ruwijzer. De halffabrikaten worden verwerkt tot staven, knuppels en plaat, maar soms ook tot eindproducten als zeisen. De bewerking van het halffabrikaat gebeurt zowel in de ijzermolens zelf als bij de stedelijke smederijen. In de late middeleeuwen ontwikkelen zich drie typen hamers - staart-, opwerp- en voorhamer - waarbij de naam wijst op de plaats van het aangrijpingspunt van de nokkenas op de hamer. Zo worden de snelle staartheamers, met hun harde slag, overwegend bij het smeden van zware stukken gebruikt. De lichtere opwerp en voorhamers worden gebruikt in de ijzerwinning voor het uitsmeden van de wolven. Zoals ook in de andere ambachten het geval is ontwikkelt zich aan de vooravond van de Industriële Revolutie bij de hamersmeden het assortiment aan gereedschappen en beschikken deze smeden over een uitgebreide collectie aan hamerkoppen, die ze kunnen inzetten al naar gelang de aard van het smeedwerk. Het is niet vast te stellen waar en wanneer de ene, dan wel de andere hamervorm voor het eerst is gebruikt en door wie die is bedacht.



De 'Frohnauer Hammer' dateert uit de vijftiende eeuw, maar heeft in de huidige toestand gewerkt van de zeventiende tot de negentiende eeuw. Het is een van de weinige volledig bewaard gebleven hamerwerken in het Erzgebirge in de Duitse deelstaat Saksen. De drie staartheamers hebben een gewicht van resp. 100, 200 en 300 kg. Het hamerwerk is nu een museum in eigendom van de gemeente Annaberg-Buchholz.

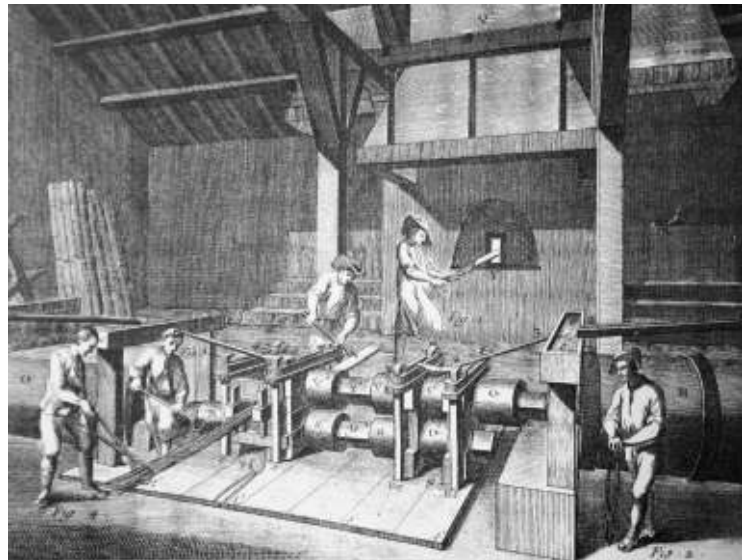
Dit soort innovaties is maar zelden in documenten vastgelegd. Is dat wel het geval, dan nog is de hamervorm in de technische literatuur van de zestiende en zeventiende eeuw door tekentechnisch onvermogen niet of nauwelijks te herkennen. Geheel anders is dat met de nauwkeurige afbeeldingen in de encyclopedie van Diderot & d'Alembert, wat aannemelijk maakt, dat een groot deel van de verbeteringen eerst plaatsvindt in de zeventiende en achttiende eeuw.¹⁰³

Een hamerwerk is in strikte zin geen arbeidsmachine. Vorm en kwaliteit van het eindproduct is afhankelijk van de vaardigheid van de smid, die het werkstuk onder de regelmatig vallende hamer manipuleert. Regelmatig moet hij het ijzer in het smidsvuur weer op gloeihitte brengen. Hoe verbazingwekkend nauwkeurig de smeden in de zeventiende en achttiende eeuw hun handwerk beheersen is te zien bij de bloeiende zeisenfabrieken in Stiermarken en het Bergische land. De zeisen worden geheel onder de hamer uit één stuk staal, of ijzer met ingelast staal, maaigereed gesmeed. Hetzelfde kan gezegd worden voor het kunstige drijven uit koper- en messingplaat van ketels, pannen en schalen of ketelpauken met lange smalle staken met afgeronde koppen. Het werken in een hamerwerk zorgt ervoor, door het lawaai die de beer (hamerkop) bij het vallen veroorzaakt, dat de smeden na enige tijd zware gehoorschade oplopen en meestal zelfs volledig doof worden. Een andere manier om metaal te vervormen is door walsen. Om ijzer te walsen is een stabiel walswerk met walsrollen met een hard oppervlak nodig, terwijl ook veel energie is vereist. Het ligt voor de hand dat het walsen eerst is toegepast op non-ferro metalen. Al door Leonardo da Vinci zijn eenvoudige walswerken

¹⁰³ Ulrich Troitzsch, 'Technische Wandel in Staat und Gesellschaft ...' p. 187-188

ontworpen voor het walsen van goud en zilver tot folie, alsook een – naar de toenmalige stand van de techniek onuitvoerbaar – wals- en trekmaschine voor het walsen van conische ijzeren staven voor het maken van kanonnen. De aandrijving van de machine bestond uit een turbinerad en een wormwiel. Uit de zestiende eeuw zijn ook schetsen van kleine handgedreven walswerken bekend, voor het walsen van loden vensterglaszettingen in H-profiel. Berichten uit die tijd vermelden ook kleine, met waterkracht aangedreven gegraveerde walsrollen waartussen dunne edelmetalen platen worden gewalst. Salomon de Caus (1576-1626) vermeldt in zijn boek *Von Gewaltsamen bewegungen* vermeldt bij een handgedreven walswerk voor het maken van tin en loodplaat voor orgelpijpen het jaar 1615. De bovenste walsrol is met twee schroefspillen te verstellen.¹⁰⁴

Wals en snijwerk voor bandijzer. Gravure uit de in 1775 in Parijs uitgegeven encyclopedie van Diderot en d' Alembert



Het is 1670 als Thomas Hale in de buurt van Deptford het eerste walswerk voor het walsen van loodplaten opricht. Het in de oven gesmolten lood, nogmaals van bijmengsels ontdaan, vloeit, na opening van de smelthaard, door een goot in een horizontale, ondiepe, kantelbare trog. De inhoud van de trog stemt overeen met de gewenste omvang van de loodplaat. De trog wordt door werklieden met behulp van twee met

kettingen verbonden hefbomen gelost op de giettafel waar de gietmeester met een spaan het vloeibare lood gelijkmatig verdeelt. Na afkoeling grijpen de haken van een zwaakraan in een gat in de loodplaat. Het gat is uitgespaard door een bout op de giettafel. Met behulp van de kraan wordt de loodplaat op een stapel gelegd. Met dezelfde kraan kunnen de platen op het in het verlengde van de giettafel opgestelde walswerk worden gelegd, die met een rosmolen wordt aangedreven. Voor en achter de wals staan roltafels opgesteld waarmee de walser, met behulp van een hevel, de platen heen en weer door de wals kan bewegen. De walsrollen kunnen door een transmissie in een omgekeerde draairichting worden gebracht. De walsrollen zijn qua onderlinge afstand handmatig te verstellen. De loodplaten worden meerdere malen door de wals gevoerd om op de gewenste dikte te worden gebracht. Eenmaal op de gewenste dikte worden de platen opgerold en met de kraan terzijde gelegd. Voor het gehele proces zijn zes, met de paardenknecht mee zeven, werklieden nodig. Oven, giettafel, kraan en walswerk zijn, om onnodig transport van loodplaten te voorkomen, achter elkaar opgesteld. Een rationele werkwijze die eerder in de negentiende eeuw verwacht zou worden. Bij de bewondering voor deze efficiënte vóór-industriële bedrijfsorganisatie mag niet vergeten worden dat het bij het walsen van lood gaat om licht vervormbaar metaal, dat koud kan worden gewalst. Het stugge koper- en messingplaat moet tussen de walsgangen door telkens weer in de oven op gloeitemperatuur worden gebracht. De koper en messingplaten zijn beduidend kleiner dan de loodplaten aangezien de benodigde energie om ze door de wals te voeren ontbreekt. Ondanks het energieprobleem wordt in het laatste trimester van de zestiende eeuw ook op het zwaar te bewerken smeedijzer het walsprincipe toegepast. Heeft men tot die tijd staafijzer met de hamer gestrekt en verbreed om daarna het gloeiende ijzer, met de onder de hamer gehouden schrotbeitel, te splijten, nu wordt in de omgeving van Neurenberg voor het eerst een met waterkracht aangedreven snijwerk, of misschien zelfs een combinatie van snij en walswerk toegepast. De knuppel wordt eerst tot een

¹⁰⁴ Ulrich Troitzsch, 'Technische Wandel in Staat und Gesellschaft ...' p. 188-189

vlakke band gewalst en daarna, met behulp van op een as bevestigde conisch toelopende ijzeren schijven, tot strippen te worden gesneden.¹⁰⁵ Een bericht uit de achttiende eeuw over de Neurenberger werktuigkundige Hans Lobsinger (+1570) meldt:

Er war auch letzters in Darstellung eines und des andern künstlichen und besonderen Preß-Werckes gar glücklich, indem er unter anderen einige in Form einer Mühle machte, darinnen man das Eisen ohne Hammer zainen und strecken, dick und dünn als gesägte Blätter, richten kundte.

Lobsinger heeft zo'n honderd uitvindingen op zijn naam staan waaronder een rosmolen voor diamantslijpen. In 1550 bedenkt en maakt hij, in plaats van de gebruikelijke leren blaasbalgen, houten kuipen met een pluiner voor het blazen van lucht in ovens.



De betekenis van Christopher Polhem voor de Zweedse economie kan nauwelijks sterker worden verbeeld dan met zijn beeltenis op het Zweedse bankbiljet van 500 kronen. Op de andere zijde staat koning Karel XI.

De wals- en snijwerken zijn technisch nog hoogst onvolmaakt, zodat de gewalste en gesneden stukken grof uitvallen, wat echter in die tijd voor het beoogde doel toereikend is. De walswerken worden al spoedig ook

in andere ijzerverwerkende regio's in Europa toegepast. In Engeland nog voor het einde van de zestiende eeuw. Successievelijk aangebrachte verbeteringen zorgen geleidelijk aan voor een stijging van de productiviteit. In de achttiende eeuw worden walswerken geconstrueerd, waar reeds vóórgewalst ijzer door qua maat afnemende profielwalsen wordt gevoerd. Voor het maken van smalle koperen of messing plaatstrippen om er draad van te kunnen trekken worden grote rechtopstaande ijzeren scharen gebruikt. Het beweegbare been wordt door een houten hevelmechanisme met de hand of met behulp van een waterrad bewogen. Bij een door een as aangedreven schaar springt het bewegende been van de schaar na het knippen door een contragewicht weer terug in de uitgangspositie. Tegen het einde van de zeventiende eeuw is men in staat rails van 20 tot 30 cm met een breedte van 7 tot 10 cm en een dikte van 1,5 tot 2,5 cm uit staven met een lengte van 2 tot 3 meter te walsen, om ze daarna tot kortere staven te snijden. Veertig jaar later kan rails worden gewalst met een lengte van 60 cm bij een doorsnede van 10x5 cm. Ter vergelijking: plaat kan zonder hulpkrachten worden uitgesmeed tot een grootte van 60x60, terwijl in het derde trimester van de zestiende eeuw walswerk blad kan uitwalsen van 50x100 cm. De maat en het gewicht van het werkstuk wordt begrensd door het nog weinig stabiele walswerk en de energie die het waterrad of rosmolen kan opbrengen. De arbeidsbesparing die met walsen ten opzichte van het smeden kan worden bereikt, afgezien van een gladder oppervlak en een gelijkmatigere dikte, wegen tegen de nadelen van de nieuwe techniek op.

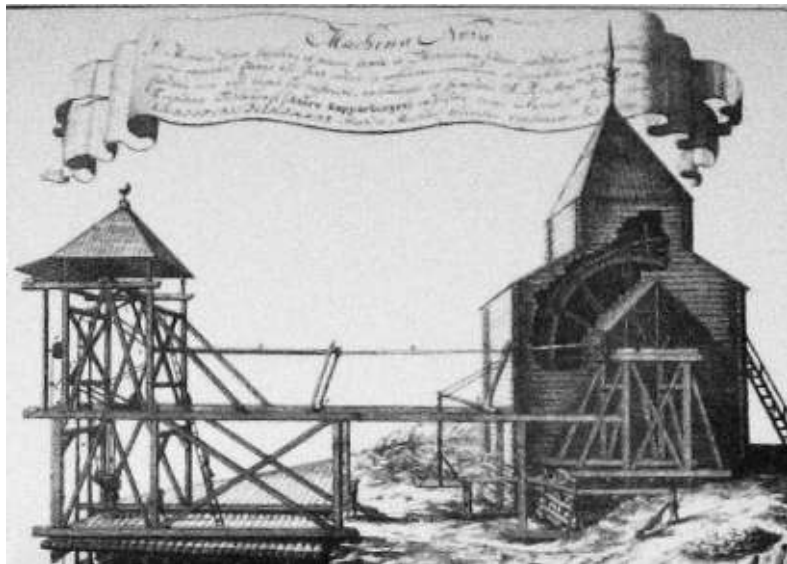
De gecombineerde snij- en walswerken vereisen aanzienlijke investeringen en de verspreiding verloopt dan ook maar langzaam. Vooral nog slagen de nieuwe inrichtingen er niet in de hamerwerken te verdringen. Grote stukken plaatijzer, nodig voor de grote ziedpannen in de zoutziederijen (salinen) en ook koperplaten worden nog steeds onder de hamer gemaakt. In een technische beschrijving uit de tweede helft van de achttiende eeuw staat dat voor het uitsmeden van platen met een gewicht van 150 tot 200 kg 2 tot 4 personen nodig zijn. De plaat, die na het uitsmeden ca. 2,70 m in het vierkant is, moet door de smid en zijn helpers tijdens het smeden met tangen worden beheerst.¹⁰⁶

¹⁰⁵ Ulrich Troitzsch, 'Technische Wandel in Staat und Gesellschaft ...' p. 189-190

¹⁰⁶ Ulrich Troitzsch, 'Technische Wandel in Staat und Gesellschaft ...' p. 190-191

Het is vooral Christopher Polhem (1661-1751), een Zweeds werktuigbouwkundige, die de walstechniek ingrijpend verbetert. Zijn innovaties maken van Zweden de grootste staalproducent van Europa. Hij staat bekend als de 'vader van de Zweedse werktuigbouwkunde'. Polhem gaat in 1687 aan de Universiteit van Uppsala wis- en natuurkunde studeren, met een nadruk op mechanica. Doordat hij geen Latijn kent, de wetenschappelijke voertaal van die tijd in Europa, zal zijn werk niet buiten Zweden worden gepubliceerd. Direct na zijn studie krijgt Polhem de opdracht om de middeleeuwse astronomische klok van de kathedraal van Uppsala, rond 1500 gebouwd door Petrus Astronomus, die al een eeuw stilstaat, te repareren. Hij voert deze taak met succes uit en valt daardoor op bij Karel XI van Zweden, die hem opdraagt zijn aandacht te richten op de Zweedse mijnbouw. De directe aanleiding tot deze opdracht is het instorten van de mijn bij Falun, een voorval dat de onveiligheid en inefficiëntie van de Zweedse mijnbouw nogmaals manifest maakt. Zweden is rijk aan ijzererts die bovendien goed bereikbaar is. In de tijd van Polhem wordt ijzererts gewonnen met de brandmethode, het aansteken van vuren tegen de rotswand, zodat deze splijt door de hitte.

Een Polhem-waterwiel gebouwd in 1693. De lattenoverbrenging tussen het water-rad en de pomp is goed te zien, evenals de afstand die de overbrenging kan overbruggen.



De mijnen, die veelal in de omgeving van een van de vele Zweedse meren liggen, hebben veel last van grondwater. De mijnen lopen zo snel vol dat ruim een derde van de mijnwerkers constant bezig is met hozen. Na delving wordt het erts in karren naar de hoogoven geduwd, die ondanks de goede kwaliteit van het erts slecht ruwijzer levert. Polhem start, ter uitvoering van zijn opdracht, met een reis door Europa om de methoden van mijnbouw te bestuderen en bekende natuurkundigen te spreken, onder wie Leibniz, die diepe indruk op hem maakt. Terug in Zweden besluit Polhem waterkracht te gebruiken om de mijnen droog te houden. Daarvoor maakt hij gebruik van het waterrad, dat hij echter uitbreidt met een overbrenging en een methode om de energie van het water over grote afstanden te transporteren. De Polhem-raderen, die verrijzen door heel Zweden, hebben als bijzonderheid aan weerszijden van het rad een lat die andere latten in beweging brengt, als waren het de 'benen aan de trappers van de fiets', waardoor het mogelijk is pompen op een grote afstand aan te drijven. De raderen drijven eerst en vooral waterpompen aan om de mijnen droog te houden. De uitgespaarde arbeidscapaciteit kan nu ingezet worden voor het delven van de erts, wat de productiviteit aanzienlijk verbetert. Er staan bellen op de raderen, die de mijnwerkers waarschuwen als de pompen stilvallen. De raderen brengen ook transportbanden in beweging die het erts vervoeren naar de hoogoven. Voor zijn verdiensten wordt Polhem in 1716 geridderd en een levenslang staatspensioen toegekend. Polhem richt zich nu op de eigenlijke productie van staal. Met steun van de opvolger van Karel XI, Karel XII, zet hij een staalindustrie op in Stjärnsund. De hoogovens worden uitgerust met mechanisch aangedreven blaasbalgen. Polhem bouwt eerst een mechanisch aangedreven hamerwerk en later een mechanisch aangedreven walswerk. Het Polhem-rad krijgt ook een militaire toepassing. Een droogdok van de marine kan met behulp van een rad leeggepompt worden. Polhems vindingen zorgen ervoor dat Zweden een Europese grootmacht wordt en zijn bedrijven produceren al snel het beste staal van Europa. Hij slaagt erin om Zweden als het ware in één klap midden in het tijdperk van de Industriële Revolutie te plaatsen. In 1731 wordt zijn bedrijf grotendeels verwoest door brand, alleen de klokkengieterij blijft gespaard. Polhem laat zijn land een onderzoeksinstituut na, een voorloper van de latere

mechanische laboratoria. Het instituut doet onderzoek naar mechanische toepassingen voor de industrie. Het is uitgerust met modellen van werktuigen, tabellen voor raderen en krachtoverbrengingen en alle andere vindingen die voortvloeien uit Polhems werk.



De lattenoverbrenging van een Polhem-waterwiel in Bad Kosen in Duitsland (Thüringen). In 1730 stoten mijnwerkers op een zoutbron. Met behulp van een waterwiel en een lattenoverbrenging van enige honderden meters wordt een plunjerpomp aangedreven die het zoute water oppompt. In het naastgelegen gradeerwerk, waar het zoute water over esdoorntakken wordt geleid, wordt het zoutgehalte verhoogd. Het zout wordt daarna gewonnen in de ziederij. Het Polhem-waterwiel en lattenwerk werkt na meer dan 250 jaar nog steeds. (foto: Baronas)

Kort na 1700 beveelt Polhem aan om rails te maken in profielwalsen. Enkele tientallen jaren later zal dat in Engeland in de praktijk worden gebracht. Polhem bouwt in Zweden walswerken waarop ijzeren staven kunnen worden uitgewalst met een rond of vierkant profiel voor het smeden van vijlen, sleutels, messen of degenklingen. Voor de walswerken gebruikt hij, naast gegoten en aan het oppervlak geharde walsrollen, zoals ze in Engeland al langer in gebruik zijn, gesmede walsrollen, die met een beitel in een verschuifbaar support op maat en glad worden gedraaid, om vervolgens te worden gehard en geslepen. Het stabiele walswerk functioneert als draaibank. Ook op schroefdraadproducten pakt de ontwikkeling van de snij- en walswerken voordelig uit.

Al in het begin van de vijftiende eeuw gebeurt het trekken van grof en middelfijn draad in Neurenberg halfautomatisch, een techniek die zich in de volgende eeuwen verspreidt over alle Europese centra van draadtrekkerij. Na iedere, met een waterrad aangedreven, trekbeweging moet de op de schommel zittende draadtrekker alleen nog de tang openen en opnieuw vastklemmen op het draad-eind. In 1530 wordt het draadtrekken, het eerst in Neurenberg, geheel automatisch, nadat een mechanisme van een zichzelf openende, toegrijpende en weer sluitende tang is ontwikkeld. De techniek voor het trekken van grove draad wordt tot in het midden van de negentiende eeuw zonder wezenlijke verandering toegepast, ondanks dat de 'tangbeet' steeds meer als een hinderlijk kwaliteitsverlies wordt beschouwd. Daarna komt de sleeptangtrekbank in zwang, die in één trekgang een veel langere grove draad kan trekken. Al in het midden van de achttiende eeuw zijn er in Zweden ideeën om grof draad te maken op gekalibreerde walswerken. Het eerste patent voor een gekalibreerde

wals wordt in 1766 in Engeland verleend. Hoewel Cort het walsen in zijn eerste patent van 1784 betreft is het dus noch nieuw, noch door hem ontdekt. Voor het vervormen van smeedijzer zijn in Duitsland en Frankrijk al eerder walsen gebruikt. In snijwerken heeft men vooreerst staafijzer met gladde walsrollen tot band gewalst en met snijwalsen in stroken gesneden hoofdzakelijk voor de productie van nagels. De tweede aanwending van walsen, het walsen van plaat, treffen we sedert de zeventiende eeuw aan in Saksen en sinds de jaren twintig van de achttiende eeuw in Engeland.



Een moderne plaatwalsen gebouwd door Novokramatorsky Mashinostroitelny Zavod (NKMZ) te Kramatorsk, Oekraïne. De NKMZ behoort tot 's-werelds meest vooraanstaande zwaremachinebouwers en heeft in haar 75-jarig bestaan meer dan honderd walsen afgeleverd, merendeels binnen de communistische wereld, maar de laatste twintig jaar, na het optrekken van het ijzeren gordijn ook daarbuiten. Deze plaatwalsen heeft een capaciteit van vijf miljoen ton per jaar en walst plaat met een breedte van 2,5 m.

Vanaf de achttiende eeuw wordt de wals gebruikt voor het vervormen van smeedijzer tot staafijzer, met ander woorden voor het maken van profielen met een ronde of vierkante doorsnede. Deze kaliberwalsen, of zoals ze oorspronkelijk werden genoemd 'walsen met toepasselijke sleuven en groeven' zijn vóór Cort al twee keer gepatenteerd. Het proces van vervanging van smeedhamers door walsen komt eerst goed op gang met de verbreiding van het puddelen. De vaak miskende cruciale betekenis van het walsen is gelegen in het feit dat het in tegenstelling tot het smeden een machinale techniek is. In beide gevallen gaat het om vervorming onder druk, echter bij het smeden ligt het resultaat in handen van de smid, die het werkstuk op het aambeeld houdt en stuurt, omdat het hamerwerk niets anders kan dan regelmatig het gewicht van de hamerkop op dezelfde plaats te laten neerkomen. Bij het walsen daarentegen wordt de tevoren bepaalde eindvorm van het werkstuk, uit een knuppel of rechthoekig blok ijzer, zonder directe invloed van mensen bereikt. De opgave van de walser is om te zorgen dat bij iedere walsgang het werkstuk goed in het walswerk wordt ingevoerd. De mate van vervorming, de mogelijke vorm en de mate van nauwkeurigheid waarmee wordt gewalst wordt niet bepaald door de vaardigheden van de walser, maar door de instellingen en het foutvrije functioneren van het walswerk. Omdat zulke walswerken uit ijzer en staal moeten worden gemaakt, is hun verdere ontwikkeling afhankelijk van de techniek van het gieten van walsrollen, steu-

nen en aandrijfelementen en de technische mogelijkheden van de verspanende bewerking, met name die van het afdraaien van de vele onderdelen.

Met de constructie van de walswerken begint de geschiedenis van de zware machinebouw in het hoogovenbedrijf. Aangezien er bij de aanvang van de Industriële Revolutie geen machinebouwfabrieken bestaan, moeten de hoogovenbedrijven zelf hun walswerken ontwerpen en bouwen. Het bouwen van een walswerk zonder een mechanische werkplaats, met een draaijerij voor onderhoud en aanpassing van de productie apparatuur, is onmogelijk. Het maken van het belangrijkste onderdeel van een walswerk: de walsrollen, stelt de ijzergieterij voor een nieuwe opgave, die van het hardgieten of geschaald gieten. Bij dit gietproces blijft de buitenste laag, de randzone van de walsrol, wit en hard en dus slijtvast. De kern van de walsrol daarentegen is grijs en weker en daarmee elastischer. Hardgegoten walsrollen gebruikt men hoofdzakelijk voor gladde walsen, die het product een glad afgewerkt oppervlak geven. Het gieten van walsrollen is natuurlijk ook van de kwaliteit van het ruwrijzer en van de nauwkeurigheid van de gietvormen of coquilles afhankelijk, die door de gieterij als bedrijfsgeheim worden bewaard.

Wereld ijzerertsverbruik 1800-1900

Jaar	Hoeveelheid erts in tonnen	Groei t.o.v. voorgaande notering	Index 1800 = 100
1800	2.000.000		
1850	11.000.000	550 %	550
1870	30.000.000	272 %	1500
1900	92.000.000	306 %	4600

Bron: C.F. van Dam, *Ijzer en staal* (Hoorn 1948)

Meerdere gieterijen, in het bijzonder te Staffordshire en Sheffield, ontwikkelen zich tot walsrijen die ook de Midden-Europese markt belevren. In Duitsland wordt eerst in de jaren veertig van de negentiende eeuw walsrollen gegoten van een voldoende kwaliteit. Tot de eerste exporteurs van hardgegoten walsrollen behoren de gieterijen in Heilbronn en Hammerau. De in de jaren negentig opgerichte walswerken, hoe onhandig en lomp deze ook nog zijn, verhogen de dagproductie met 8 tot 15 ton. Een veelvoud van een hamerwerk, dat op een dagproductie van een ton wordt geschat. De walswerken functioneren op waterkracht. In 1792 wordt voor het eerst door John Wilkinson een stoommachine als aandrijving voor een walswerk toegepast. Prestatiegerichte krachtwerktuigen, nieuwe oplossingen voor de krachtoverbrenging en de aandrijfonderdelen, beter materiaal als het hardgegoten ijzer en verbeteringen in de verspanende bewerking, al deze ontwikkelingen maken het mogelijk dat steeds grotere walswerken worden gebouwd met hogere doorvoersnelheden. Naast de invoering van zogenaamde triowalswerken, waarmee dunner kan worden gewalst en waarmee het bij het duowalswerk herhaald opnieuw invoeren van het werkstuk vervalt, verbetert de methode om het walskaliber te berekenen en ook de mogelijkheid die te maken. Zeer belangrijk voor de aanleg van spoorwegen is het patent dat in 1820 wordt verleend voor het walsen van spoorrails. De gepatenteerde walsmethode maakt het mogelijk rails te maken als massa-artikel. In hetzelfde jaar lukt het ook om het voor de bouw zo belangrijke hoekijzer te walsen. Alles bijeen groeit de dagproductie van een walswerk, in de jaren vijftig van de negentiende eeuw, van 40 tot 60 ton, een hoeveelheid waarvoor 20 tot 30 puddelovens nodig zijn.¹⁰⁷

¹⁰⁷ Akos Paulinyi, 'Die Umwälzung der Technik in der Industriellen Revolution ...' p. 402-5

Wereldijzerproductie in de negentiende eeuw

Jaar	Productie in tonnen	Groei van de productie
1820	1.000.000	
1830	1.800.000	800.000 / 80%
1840	2.700.000	900.000 / 50%
1850	4.700.000	2.000.000 / 74%
1860	7.220.000	2.520.000 / 53%
1870	11.840.000	4.620.000 / 64%
1880	18.160.000	6.320.000 / 53%
1890	26.750.000	8.590.000 / 47%
1900	39.810.000	13.060.000 / 48%

De grote toename van de productie vanaf de jaren zeventig wordt veroorzaakt door de verbeterde methode van staalproductie (bessemerproces). Tot 1890 is de Britse ijzerproductie de grootste van de wereld. Vanaf dat jaar neemt de VS die rol over.

Oer, de basis van het bestaan

*oer
rokende meilers, kalk, leem en zand
karrenvoerders en schippers, wegen, beken en rivieren
de betekenis van de Oost-Nederlandse ijzermolens*

Het platteland lijdt in de zeventiende eeuw zwaar onder oorlogshandelingen, die vooral Overijssel zwaar teisterden en hier vaker plaatsgripen dan in Holland, Zeeland en Friesland. In de landgewesten van de Republiek komt de welvaart traag op gang. De IJsselsteden zijn door de Geuzen langdurig van de Zuiderzee afgesloten. De scheepvaart op Kampen heeft zich nooit meer hersteld en op de andere IJsselsteden slechts ten dele. In Twente geeft de linnenweverij een bijverdienste aan boerengezinnen. Op den duur wordt het van bijverdienste een hoofdmiddel van bestaan. Er is sprake van een uittocht uit het boerenbedrijf en vestiging in de kerkdorpen waar ze afhankelijk worden van Hollandse linnenreders, die de ruwe weefsels opkopen voor verdere bewerking. Ook de Achterhoek en het Kwartier van Zutphen hebben onder de oorlogshandelingen zwaar geleden. Verbouw van boekweit en rogge en het houden van schapen en varkens – Gelders spek – zijn de hoofdmiddelen van bestaan. In economisch opzicht overvleugelen de zeegewesten de landgewesten met hun overwegend boerenbevolking.¹⁰⁸ Fabrieksmatige arbeid is in het laatste kwart van de 'Gouden Eeuw', zeker in het oostelijk deel van de Republiek, geen algemeen voorkomende vorm van arbeid. De ambachtelijke productiewijze overheerst en de manufaktur is eerder uitzondering dan regel.



Plundering en brandstichting van een dorp. Naar een schilderij van Pieter Molyn uit 1630.

¹⁰⁸ G. Verwey, *Geschiedenis van Nederland. Levensverhaal van zijn bevolking* (Amsterdam 1989) p. 422-424

De grote stapelmarkt waarover de Noordelijke Nederlanden in de zeventiende eeuw beschikt is een belangrijke basis voor de nijverheid. De beschikbaarheid van grondstoffen en de goede afvoermogelijkheden van de producten maken kostenbesparingen mogelijk. Het leidt vooral in de havensteden tot de bloei van veredelingsbedrijven – trafieken genaamd - zoals suikerraffinaderijen, zout en zeepziederijen, distilleerderijen en tabaksspinnerijen. De trafieken zijn veelal in eigendom bij kooplieden. Geld is in de Republiek ruim voorhanden en de lage rentevoet draagt bij aan de ontwikkeling van de nijverheid. De gespreide welvaart in het land zorgt voor een aanzienlijke binnenlandse afzet. De lonen zijn in vergelijking met het buitenland hoog, maar dat wordt voor een belangrijk deel gecompenseerd door de technologische voorsprong van de Nederlandse bedrijven. De toenemende vraag stimuleert vernieuwing van het productieproces. Zo worden er in de textielnijverheid nieuwe getouwen geïntroduceerd, waarmee ingewikkelder patronen kunnen worden geweven. Windmolens nemen na 1560 hun plaats in naast hand-, water- en rosmolens. Het dichte waterwegennet is een voordeel evenals de ruime beschikbaarheid van turf als brandstof voor de nijverheid.¹⁰⁹ Een aantal takken van nijverheid zijn energieverblindend, zoals de aardewerkindustrie, de raffinaderijen en de ziederijen. Zonder de aanwezigheid van turf zouden deze industrieën nimmer tot bloei zijn gekomen.

Midden achttiende eeuw treedt in de ene na de andere bedrijfstak verval op en de economische terugval neemt zeer ernstige vormen aan. De structurele werkloosheid is wel het meest opvallende verschijnsel. Een groot deel van de bevolking vervalt tot armoede en ziet geen kans meer het eigen brood te verdienen. Een onmiskenbaar teken van armoede in de steden is het aantal te vondeling gelegde baby's terwijl op het platteland de bedelarij groeit.¹¹⁰ Het arme en deels ontvolkte Gelders-Overijsselse grensgebied, dat met de naam Achterhoek treffend wordt getypeerd krijgt kort voor de aanvang van de achttiende eeuw een onverwachte impuls: ijzervoorraden blijken exploiteerbaar. IJzermolens langs de Oude IJssel vormen het begin van een industrie die naar verloop van tijd aan velen werk en inkomen verschaft.¹¹¹ Met de vestiging van de ijzermolen aan de Bielheimerbeek ontstaat er nieuwe vroeg-industriële werkgelegenheid. De economische invloed van 'de Hutten' is in een wijde omgeving merkbaar; zowel vanwege het afgraven van de oerbanken, waardoor de landbouwgrond verbetert, als door het houtskoolbranden ter voorziening in de grote brandstofbehoefte. Het verschaft velen een bestaan, ook al door de grote transporten die voor het aanvoeren van erts en houtskool en voor het afvoeren van de producten nodig zijn.

oer

Oer, een ondiepe vorming van roodbruine, gehydrateerde ijzeroxide, is in Nederland zeer verspreid, maar het wordt bovenal aangetroffen in de drassige beekdalen van Gelderland en Overijssel.¹¹² Op plaatsen waar grondwater aan de oppervlakte komt, waar kwel is, kunnen ijzerdeeltjes, die zich in het water bevinden, neerslaan. Als de kwelstroom maar lang genoeg aanhoudt vormen zich decimeters dikke plakken, oerbanken genaamd. IJzeroxide wordt ook door stromend water van elders aangevoerd. Als de beken buiten hun oevers treden komt het meegevoerde ijzer in contact met de lucht, slaat neer en vormt een oerafzetting. Door planten wordt ijzer via hun wortels uit de bodem opgenomen. Na afsterving van de planten worden de ijzerdeeltjes, door inwerking van koolzuur en humuszuren, weer afgestaan in een oplosbare vorm. De ijzerdeeltjes - tweewaardige ijzerionen – kunnen door het grondwater worden meegevoerd. Door het Nederlandse humide klimaat – meer neer-

¹⁰⁹ L. Noordegraaf, 'Nijverheid in de Noordelijke Nederlanden 1580-1650' in: *Algemene Geschiedenis der Nederlanden* Deel 7 (Haarlem 1979) p.84

¹¹⁰ H.W. van Santen, 'Economie' in: *De Republiek* (Heerlen 1995?) p.48-49

¹¹¹ K. Jansma e.a., *Tweeduizend jaar geschiedenis van Overijssel ...* p. 230

¹¹² A.H. van der Boon Mesch, 'Over de zamenstelling van IJzer-erts van Ommen, Provincie Overijssel' in: *Tijdschrift ter bevordering van de Nijverheid* (1847) p.161/2. Volgens hem zijn de vindplaatsen: de Veluwe, bovenal in het kwartier van Zutphen langs de Oude IJssel, bij Doesburg, Vorden, Hengelo (G.), Voorst en in het Anholterbroek. In de provincie Groningen langs de Westerwoldse A en in Onstwedde, Vlagtwedde en in de veenachtige grond bij Veendam. In Drente op hoge en zandige plaatsen, in Holland en in Noord-Brabant te Lieshout en Aarle-Rixtel.

slag dan verdamping – worden de ijzerdeeltjes door het wegzakkende regenwater dieper de bodem ingevoerd. In de oppervlaktezone vindt oxidatie plaats en wordt driewaardig ijzer gevormd. Het oplosbare ijzerhydroxide slaat neer en op minder doorlatende plaatsen ontstaan concentraties. Met name in vochtige gebieden met een leem bodem kunnen zich dikke ijzerrijke korsten of oerbanken vormen. Mineralogen gebruiken de term limoniet als verzamelnaam voor microkristallijnen tot amorfe ijzerhydroxiden, bijvoorbeeld goethiet en lepidokroket (FeOOH) en gehydrateerde ijzeroxiden, zoals hematiet met gebonden water ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$). Oerbanken kunnen er de oorzaak van zijn dat het grondwater niet weg kan en er een plassen ontstaan. Op de Veluwe en in Brabant bestaan een aantal van dergelijke plassen die wel ijzeren mannen of flessen worden genoemd. In 1920 is het jachtslot St. Hubertus op de Veluwe gereed. Door de eigenaresse wordt opdracht gegeven de plas bij het slot te verdiepen. De ijzeroerlaag wordt doorgraven met als gevolg dat het water wegloopt. Voor veel geld moet er dan een kunstmatige waterafsluitende laag worden aangebracht.¹¹³

Brokken oer tentoongesteld in het Stadsmuseum van Bocholt. (foto: Dina)



Volgens Beck is de in de zestiende eeuw in Nederland gedolven oer laagwaardig en verdraagt het geen hoge transportkosten.¹¹⁴ Deze opinie die vrij algemeen aanvaard is, evenals de opvatting dat het slechts om beperkte winbare hoeveelheden gaat wordt niet ondersteund door

de bevindingen van Van der Boon Mesch en Staring. Van der Boon Mesch komt in een onderzoek wat hij in 1847 verricht naar de samenstelling van het ijzererts gevonden bij Ommen in Overijssel tot de conclusie:

Dit ijzererts behoort derhalve, volgens de daarin door mij gevonden bestanddeelen tot de deugdelijk soorten van moeras-ijzererts, bij de Mineralogen bekend onder de benamingen van Morasertz, Limonit, Rasen-Eisenstein, Sumpf- of Wiesenerz, Fer oxyd  de lacs of des marais, Fer terreux limoneux, Morassore, Swamp Ore, Meadow-Ironore. Volkomen geoxydeerd levert het 71,128% ijzeroxyde, en daar het slechts een spoor van phosphorzuur bevat, is het geschikt, om gereduceerd een beter soort ijzer te leveren, dan wanneer het, gelijk dit soms bij soortgelijke ertsen het geval is, meer van dit laatstgenoemde zuur bevatte. Indien dit erts z o gereduceerd werd, dat het al het ijzer, dat het bevat, leverde, dan zou dit 49,789% zuiver ijzer bedragen. Deze hoeveelheid is evenwel door de uitsmelting in het groot of geringer of grooter, daar een gedeelte geoxydeerd in de slakken binnentreedt – welke hoeveelheid door eene juiste wijze van werken wel zoo gering mogelijk kan gemaakt, doch niet geheel vermeden kan worden – en daar door de gehele reeks van bewerkingen stoffen worden verwijderd, of in het uitgesmolten metaal worden gebracht, en zoo het gewigt van het onzuiver of ruw ijzer vermeerderen.¹¹⁵

Een ijzergehalte van bijna vijftig procent kan niet laagwaardig worden genoemd en Van der Boon Mesch stelt dan ook: “Ik ken geen buitenlands erts, waarmede het onze in al de bijzonderheden is te vergelijken”, al relateert hij deze opmerking door te stellen dat er slechts een gebrekkige kennis is over de samenstelling van vele buitenlandse ertsen.

Staring deelt in 1877 mee: “... dat ons land evenwel, in nog al aanzienlijke hoeveelheid, het voortbrengsel van mijnen, metaalerts en wel bepaaldelijk ijzererts, ijzeroer, zoals ‘t hier heet, oplevert.”¹¹⁶ In de jaren zeventig van de negentiende eeuw is oer een exportartikel van belang. Grote hopen liggen opgeslagen bij de stations in Overijssel en rond Zutphen. Per spoor wordt het afgevoerd naar de hoogovens in Duitsland. Oer is een handelsartikel. Kregen de boeren eerder slechts een geringe ver-

¹¹³ C. Laban, H. Kars en A. Heidinga, ‘Ijzer uit eigen bodem’ in: *Grondboor en Hamer*, jrg. 42, no. 1 (1988) p. 2-3

¹¹⁴ L. Beck, *Geschiede des Eisens* (Braunschweig 1891) Deel 2 p. 80 en Deel 5 p. 125-126

¹¹⁵ A.H. van der Boon Mesch, ‘Over de samenstelling van Ijzer-erts ... p.155-156

¹¹⁶ W.C.H. Staring, ‘Ijzererts in Nederland’ in: *Eigen Haard, geïllustreerd volkstijdschrift* (1877) p.30

goeding voor het aan de hutten afgeleverde oer, nu loont de opbrengst ruimschoots de moeite van het delven. De winning die op grote schaal plaats vindt draagt bij aan de uitputting van de vindplaatsen. Bedraagt de export van oer naar Duitsland in 1870 14.000 ton, in 1872 vindt het zijn negentiende-eeuwse hoogtepunt met 31.000 ton. De uitputting van de grondstof is een deel van de verklaring waarom de ijzermolens de een na de ander tussen 1858 en 1882 de hoogoven dooft, al is de prijs van houtskool en de slechte concurrentiepositie met de met cokes gestookte hoogovens in Duitsland van grotere betekenis. Het wordt in de tweede helft van de negentiende eeuw lucratiever om ruwijzer van elders te verwerken dan om zelf ijzer te winnen.

Oerbrokken opgestapeld langs de rand van een wei in Salland. Vermoedelijk ligt het daar al tientallen jaren en is het een laatste restant van het eens zo veel voorkomende ijzererts in Overijssel.



Op beperkte schaal is oer gebruikt voor andere doeleinde dan voor het winnen van ijzer. In de vroege middeleeuwen worden brokken ijzeroer gebruikt als bouw materiaal voor boerderijfundamenten zoals in Heeten in Overijssel en in de stadsmuur van Harderwijk. In het midden van de negentiende eeuw is oer wel gebruikt voor wegverharding. Zo zijn de wegvakken Deventer-Raalte en Wijhe-Schoonheten met oer verhard. Bij droogte werkt dat prima, maar bij nat weer wordt, door de kleidelen in het oer, het wegdek een gladde kleibaan.¹¹⁷ Ook zijn er verschillende kerken in de Achterhoek bekend waarin oer als bouw materiaal is gebruikt, onder meer te Etten, Zelhem en Voor-Drempt. Van mindere betekenis is de aanwending van oer voor de ontzweveling van steenkoolgas en de fabricage van oker in de verfindustrie. Met de komst van gaslicht ontstaat een nieuwe vraag naar het molmachtige ijzererts. Het ijzer in het erts reageert met zwavel en cyaanverbindingen in het kolengas. Als product ontstaat lichtgas dat zeer geschikt is voor stadsverlichting. Het molmachtige erts, vooral gewonnen in Groningen en Drenthe, heeft een groot contactoppervlak wat het zeer geschikt maakt voor ontzwevelen van gas¹¹⁸.

Ook in Salland is er veel oer geweest. Regenwater wordt opgevangen door de Sallandse Heuvelrug. Het zakt naar beneden en stroomt onder de grond richting de IJssel. In de lage delen komt een deel van dit regenwater als kwelwater omhoog. Vanaf de achttiende eeuw is het Sallandse ijzeroer gebruikt voor de ijzermolen in Deventer. Er zijn cijfers bekend van het vervoer van ijzeroer over de Overijsselse kanalen. Tussen 1870 en 1930 zijn er via deze kanalen tienduizenden tonnen ijzeroer afgevoerd. Het meeste ijzeroer in Salland is ondertussen verdwenen. In de Plaskerk in Raalte zijn in de opgaande muren ijzeroerblokken verwerkt. Er gaat het verhaal dat een voorloper van de huidige Plaskerk helemaal van ijzeroer is geweest. Ook de muren van de kerk in Hellendoorn zijn helemaal van oer. Het ligt voor de hand, dat in die tijd het oer voor het 'oprapen' moet zijn geweest.

Ondanks het stilleggen van de ijzermolens wordt er in 1912 nog door zes ondernemingen handelgedreven in het inlandse ijzererts.¹¹⁹ In 1924 en 1925 wordt er per schip oer uit de Weerdinger en Compascumer venen uitgevoerd naar onder meer Engeland en Finland. In 1938 wordt in Delfzijl ruim 56.000 ton oer overgeslagen, al is het waarschijnlijk dat dat dan ook het laatste is.¹²⁰ Met de komst van aardgas in 1970 houdt ook het gebruik van oer ten behoeve van gaszuivering op.

¹¹⁷ W.C.H. Staring, 'Ijzererts in Nederland' ...

¹¹⁸ P.P. Kuiper, *Ijzerhard oer oerdegelijk ijzer. Het graven van ijzeroer in Zuid-Salland en noordelijke delen van de Achterhoek in de nieuwe tijd* (Wageningen 2006) p.63-64

¹¹⁹ J.C.A. Everwijn, *Beschrijving van handel en nijverheid in Nederland* (1912) Deel 1 p.24

¹²⁰ J. Reckman en R. Stuurman, 'Nederlands ijzererts' in: *TNO-NITG – INFORMATIE* (december 2002)

De eerste grootschalige menselijke ingreep in het landschap van Oost-Nederland is de ontginning van de veel voorkomende lagen moerasijzererts. Voor de boer is ijzeroer vervelend. Het oer vormt een storende laag, het water wordt tegengehouden en plantenwortels dringen er niet doorheen. Oer van goede kwaliteit komt voor in uitgestrekte lagen van 25 tot 60 cm dikte en wordt gewonnen op een diepte van 25 à 50 cm op de heidevelden en langs de beken in de Achterhoek en Twente. Winning van oer ten behoeve van de hoogovens in de Oude-IJsselstreek en Salland heeft tot in het vierde kwart van de negentiende eeuw plaatsgevonden. Oer, ook moerasijzererts of ijzeroer genaamd, valt wellicht samen met het Engelse woord 'Ore' als in 'bog-ore' wat moerasijzererts betekent. Naar ijzergehalte verschilt het erts sterk van elkaar. Oer gevonden in de omgeving van Dinxperlo, uit het Anholterbroek en van Zelhem bevat 30 à 35% aan ijzer. Het beste oer, 'roodblek' met een ijzergehalte van 60%, komt uit Vorden en Hengelo (G) en uit de buurtschap Voorst onder Gendringen.¹²¹ Het delven van oer is zware lichamelijke arbeid. Met de schop moet de laag oer worden blootgelegd en daarna met een houweel stukgeslagen. De zware brokken worden met mankracht in manden of vaten op een wagen of in een aak geladen voor transport naar de ijzermolens. Het transport over land is door de onverharde wegen bijna ondoenlijk en over water door lage waterstanden niet altijd mogelijk. Het delven vindt in de zomermaanden plaats. Door vorst en hoogwater kan in de winter niet worden gewerkt. Voor een deel wordt, op speciaal daarvoor aangewezen gronden, het afgraven uitgevoerd door dagloners in opdracht van de ijzerfabrikanten. Voor een ander deel wordt het oer door de fabrikanten aangekocht van boeren die uit eigen bodem het oer opdiepen. Hun voordeel is tweeledig: ze verdienen wat bij en komen tegelijk van hun onvruchtbare grond af.¹²² Het afgraven van de oerbanken heeft invloed op het landschap. De bodem wordt bruikbaar voor landbouw, veeteelt en bosbouw. Zo is het Anholterbroek van onvruchtbaar veranderd in goede weidegrond. De landeigenaren zijn zich ervan bewust dat de grond aanzienlijk in waarde stijgt als de oerbanken op kosten van de ijzersmelterijen zijn verwijderd, terwijl deze er ook voor moeten zorgen, dat de gemaakte kuilen weer worden opgevuld. Dat de waardering voor grondverbetering algemeen is blijkt uit een eervolle vermelding in 1808 die, op de tentoonstelling van Volksvlijt te Utrecht, aan de Deventer ijzermolen wordt toegekend. Niet voor de kwaliteit van het gietwerk, maar "uit hoofde dat in deze fabriek van het Oer, hetgeen onder de vruchtbare korst der aarde op vele plaatsen in dien omtrek wordt gevonden, en aan den landbouw zeer veel nadeel doet, gebruik wordt gemaakt". In aanvang gebruiken de ijzermolens oer uit de naaste omgeving. De Ulftse hut gebruikt oer uit het Breedenbroek. Blijkens een brief uit 1809 beginnen in dat jaar de voorraden in dat gebied uitputting te vertonen. De directie van DRU krijgt vergunning van de vorst van Hohenzollern-Sigmaringen om de winning van oer tot alle woeste gronden van Bergh uit te breiden. Het is iets, maar ook onder Voorst, dat onder de uitbreiding valt, is sprake van schaarste, aangezien daar al veel oer is afgegraven voor de ijzermolen te Liedern. Sinds de jaren tien van de negentiende eeuw is DRU genoodzaakt om voor bijna de helft van haar jaarproductie oer uit Hengelo (G.) en Vorden te laten komen. Wat de sterk oplopende transportkosten deels goedmaakt is het hoge ijzergehalte, tot wel zestig procent, in het Vordense erts. De Keppelsche versmelt in het midden van de negentiende eeuw oer uit Olst. Vulcaansoord betreft terzelfder tijd oer uit Groenlo, Hengelo (G) en Raalte. In de loop der jaren vindt oerwinning plaats bij Bathmen, Diepenveen, Dinxperlo, Doesburg, Gendringen, Groenlo, Gorssel, Heeten, Hengelo (G.), Hummelo, Olst, Ommen, Raalte, Ruurlo, Vorden en Zelhem. Het erts is op de plaats waar het wordt opgegraven weinig waard. De prijs die door de smelterijen moet worden betaald hangt in hoge mate af van de afstand waarover het vervoerd moet worden. Voor een vat oer van circa 120 kilo wordt 15 tot 20 cent betaald. Het bij de ijzermolens aangevoerde oer ondergaat alvorens gesmolten te worden nog twee bewerkingen. Het wordt 'geklopt' en 'gewassen'. Door het kloppen, wat met de hand gebeurt en per kruiwagen wordt betaald, worden de oerbrokken klein gemaakt. Het wassen, om klei en zand er af te spoelen, vindt plaats in de beek, vermoedelijk in houten goten waardoor het beekwater

¹²¹ W.A. Bake, 'Over de IJzer-Smelterijen in ons Vaderland' in: A.H. van der Boon Mesch (red.) *Tijdschrift ter bevordering van de Nijverheid* (deel 4 – 1835, deel 1 – 1836) p. 396

¹²² H. de Beukelaer, 'Nijverheid' in: *Ach Lieve tijd. 1000 jaar Achterhoek en Liemers* 16 (Zutphen 1998) p. 376

wordt geleid.¹²³ De economische betekenis van het oerdelven kan worden geïllustreerd met de hoeveelheid oer die is afgegraven. Er bestaat geen statistiek van, zodat een schatting moet worden gemaakt. De hoogovens in bedrijf tussen 1690-1880 zijn vrij identiek van opzet en hebben min of meer een gelijke capaciteit: een jaaropbrengst van 300 ton ruwijzer, waarvoor 800 ton oer nodig is. Gezamenlijk zijn de hoogovens ca. 700 seizoenen in productie geweest. Hieruit volgt een doorzet van 560.000 ton oer en een opbrengst van 210.000 ton ruwijzer. Het gebruik van oer voor verffabricage en gaszuivering verwaarlozen we, maar met de uitvoer, vooral naar Duitsland, kunnen we dat niet. Gedurende de jaren 1870-1940 is naar een voorzichtige aanname per jaar gemiddeld 20.000 ton oer uitgevoerd: totaal 1.400.000 ton. Onbekend is de omvang van het gebruik van oer als ballast in schepen, maar alles bijeen lijkt een schatting van twee miljoen ton afgegraven oer, in de Achterhoek, Salland, Twente en Drente geen overdrijving. De laag ijzeroer is pas delfbaar wanneer deze voldoende dik is. Bij een gemiddelde dikte van 37 cm moet dan voor elke 100.000 ton oer ca. 27 hectare zijn afgegraven.¹²⁴ Voor twee miljoen ton betekent dat derhalve 540 hectare.

rokende meilers, kalk, leem en zand

De smid, in het bijzonder de grofsmid, gebruikt al vanaf de klassieke oudheid steenkool voor de verhitting van ruwijzer. Voor het winnen van ijzer uit ijzererts wordt tot in de achttiende eeuw houtskool gebruikt. De oude ijzermaker is ook kolenbrander. Houtskoolvondsten in de ijzernederzettingen tonen dat aan. Een oude, wellicht oudste, manier van houtskool maken is het branden in een kuil in de grond. Dergelijke kuilen zijn aangetroffen van IJsland tot de Balkan. In de ongeveer één meter diepe kuil wordt een vuur aangelegd waarop het hout wordt geworpen. Welk hout is om het even: takken, stobben zelfs dennenappels leveren onregelmatige kleine stukjes houtskool op, wat voor het winnen van ijzer in de renhaard voldoet. Grotere brokken houtskool worden met een klepel of dorsvlegel kleiner gemaakt. Houtskool branden in kuilen is goedkoper dan meilerverkoling.¹²⁵ De staande kolenhoop - meiler - is al bij de Romeinen in gebruik. In sommige streken in Duitsland, maar ook in Scandinavië wordt houtskool gebrand in dezelfde haard of oven als waarin het ijzer wordt gewonnen.¹²⁶ Hout bestaat uit cellulose, lignine (houtstof) en water. Het water, 40 tot 100% van het drooggewicht, bevindt zich in een netwerk van cellulose en ligninemoleculen. Voor het winnen van koolstof is droog hout nodig. Voorafgaand aan de verkoling moet het vocht in het hout worden verdampd, door het te verwarmen tot ca. 100° C. Na het drogen wordt de temperatuur verhoogd tot



280° C en vindt de verkoling plaats onder afscheiding van waterdamp en verschillende chemische stoffen. Enige luchttoevoer zorgt er voor dat de verbranding niet stopt en de diverse chemische reacties doorgaan. Het eindresultaat is 65 tot 70% vaste koolstof, circa 30% teer en 2 tot 5% as.

Houtskoolbranders actief bij een meiler in het Duitse Siegerland. Gelet op de lichtgrijze rook lijkt het er op dat de hoop gaar is en binnenkort afgedekt zal worden om het branden te stoppen.

¹²³ A. Dekker, *De Oost-Nederlandse Hoogovens* (z.pl. 1953) p. 3-4

¹²⁴ P.P. Kuijper, 'Oer-Hollands ijzererts!?' in: *Topos* (jrg. 17, nr. 1, 2007) p.44

¹²⁵ O. Johannsen, *Geschichte des Eisens* (Düsseldorf 1953³) p. 94-96

¹²⁶ J.D. Moerman, 'Oude smeedijzerindustrie II. De Techniek' in: *Bijdrage en Mededelingen Gelre* (Arnhem 1960) p. 18

Al naar gelang de aard van de productie wordt, als dat voor handen is, houtskool gebruikt die uit een bepaald soort hout is gebrand. In de antieke ijzerwinning werd bij voorkeur houtskool van kastanjenhout gebruikt. Voor de winning van zilver houtskool uit pijnboomhout.¹²⁷ De voor de ijzersmelterij benodigde houtskool wordt geleverd door kolenbranders. Het kolenbranden is een vak dat in de Achterhoek en Twente voornamelijk door enige families wordt uitgevoerd woonachtig in Silvolde, Bredenbroek en Haaksbergen. In een interview¹²⁸ met F.B. Deurvorst, directeur van de DRU, uit 1904 komen we de volgende passage tegen:

Maar ook de tweede grondstof voor de hoogoven nml. de houtskool, was in de buurt van Ulft gemakkelijk in voldoende hoeveelheid te krijgen. Daar in den omtrek toch bevonden zich in die dagen vele kolenbranders, die zelfs een eigen gilde vormden, die van het hout, hetwelk voor geen betere doeleinde geschikt was – het zoogenaamde ‘onhout’ – houtskool maakten. Dit was nog een heele kunst, een bepaald vak dat lang nog niet door iedereen goed verstaan werd, want er behoorde heel wat kennis en ondervinding toe, om het hout goed op te stapelen, af te dekken en aan te steken, dat ‘t naar den eisch bleef gloeien en smeulen, dar het minste vlammetje den geheelen stapel zou hebben bedorven. Enfin, houtskool had men dus ook daar in de buurt als het ware voor het grijpen.

Als de mededeling van Deurvorst juist is en het daadwerkelijk om een gilde gaat zou dat uniek zijn voor Nederland. Enige twijfel is wel op zijn plaats. Anderen wijzen op het feit dat het houtskoolbranden vooral als nevenbedrijf door boeren wordt uitgeoefend. Ook wordt gewezen op families die het vak uitoefenen. Daarbij wordt gewezen op het veelvuldig voorkomen van de naam Colenbrander met name in de omgeving van Varsseveld. Een onderzoek met behulp van Genlias naar de naam Colenbrander in Gelderland tussen 1800 en 1850 levert 248 zoekresultaten op. Dat is minder imponerend dan het lijkt omdat één persoon meerdere keren – geboorte, huwelijk, overlijden - in de resultaten kan voorkomen. Feit is echter dat in de vermelden beroepen niet één keer het vak van kolenbrander voorkomt. Wel komt met grote regelmaat de vermelding landbouwer en landbouwster voor. Dit wijst nog het meest in de richting van boeren die het houtskoolbranden als nevenberoep uitoefenen en bij de invoering van de burgerlijke stand de naam Colenbrander opgeven. Een check op de naam Kolenbrander geeft een soortgelijk resultaat. Een andere reden voor terughoudendheid is het feit dat gilden toch vooral een aangelegenheid zijn voor het zuiden en het westen van het land.



Houtskoolbranders aan het werk. Links achter is goed te zien dat de hele familie betrokken is bij het werk. De houtskoolbranders bedienen meerdere meilers, soms wel tien of meer.

In de Achterhoek is er niet of nauwelijks sprake van gilden buiten de steden Doesburg, Doetinchem, Groenlo en Zutphen. Voorzover bekend is de mededeling van Deurvorst de enige melding over dit gilde en mede gelet op het jaar

¹²⁷ Helmuth Schneider, 'Die Gaben des Prometheus. Technik im Mittelmeerraum zwischen 750 v. Chr. und 500 n. Chr.' in: Dieter Hägerman en Helmuth Schneider, *Propyläen Technik Geschichte. Landbau und Handwerk* (Berlin 1997²) Deel 1, p. 130

¹²⁸ F. Netscher, 'Karakterschets F.B. Deurvorst' in: *De Hollandsche Revue* (Haarlem 1904) 9^e jaargang no. 11 p. 694

van de mededeling is het niet goed voorstelbaar dat het hier gaat om een gilde in de traditionele zin. Op z'n best is het een gilde zoals die in de laatste decennia van de negentiende eeuw wel in katholieke streken, vooral in Noord-Brabant, voorkwamen als een vereniging van werklieden. Mogelijk hebben we te maken met een familieclan.

Martinet deelt in 1790 mee, dat "Vreemdelingen, en in het bijzonder de Landlieden, die onder Haxbergen wonen", jaarlijks naar de Achterhoek komen, om houtskool te branden. In die tijd zijn er ook twee mannen uit Silvolde, die de kunst hebben afgekeken en net als de Haaksbergers rondtrekken om hun diensten aan te bieden.¹²⁹ De kennis van het brandproces wordt zo goed mogelijk binnen de familie gehouden. De kolenbranders trekken langs de bezitters van bosgronden om ter plaatse het houtskool te branden.¹³⁰ De periode voor het bereiden van houtskool loopt van juni tot september. Gedurende de zomermaanden worden de meilers opgebouwd en in de herfst gebrand. Gebruikt worden elzen-, berken-, en eikenhout. Het hout van pijnbomen is alleen geschikt voor de kopermolens op de Veluwe.¹³¹ De kolenbrander regelt het vuur van tien meilers tegelijkertijd en indien de meilers dicht genoeg bijstaan ook wel het dubbele aantal. Het hout wordt in de rokende meilers tot verkoling gebracht door verhitting onder afsluiting van zuurstof. In najaar en winter wordt deze houtskool met paard en wagen aan de grootste afnemers, de ijzersmelterijen, afgeleverd. De kolenbranders leveren hieraan graag, want de ijzerhutten zijn minder kieskeurig. De voorkeur gaat uit naar zware houtsoorten, zelfs gerooide stompen, terwijl andere afnemers vaak speciale eisen stellen. Het hout wordt na gedroogd te zijn gekort tot stukken van een meter. Het wordt opgestapeld rond een door dikke palen gevormde open ruimte, waarbinnen enig stro is gelegd. De stapel krijgt veelal een doorsnee van 5 el en 3 palm.¹³²

Houtskoolbranden te Uddel ca. 1910.

Is het hout netjes gestapeld, dan wordt de hoop afgedekt met plaggen. De hoop wordt in brand gestoken door het vuurkanaal – het brandgat – dat door de stapel heen van buitenaf is uitgespaard naar de open ruimte in het midden.



Eerst vat het stro vlam en vervolgens wordt er voortdurend klein gemaakt droog hout naar binnen gegooid. Later hoeft dat nog maar een enkele keer per dag te gebeuren. Door de dunne plaggenlaag begint dan langzamerhand rook omhoog te kringelen. Met behulp van tochtgaten wordt het vuur alnaargelang de windrichting geregeld. Doorgaans duurt het enkele weken eer de hoop geheel is

¹²⁹ J.F. Martinet, 'De houtskoolbrander' in: *Volledige beschrijving van alle konsten, ambachten, handwerken, fabrieken, trafieken, derzelver werkhuizen, gereedschappen, enz.* (Dordrecht 1790) §26

¹³⁰ I.J. Brugmans, *Statistieken van de Nederlandse nijverheid uit de eerste helft van de 19^{de} eeuw* ('s-Gravenhage 1956) p. 298

¹³¹ *Statistieke beschrijving van Gelderland* (Arnhem 1826) p. 455-456

¹³² In 1817 zijn de maten en gewichten genormaliseerd: 1 Nederlandse el is gelijk aan 1 meter, 1 Nederlandse palm is 1 decimeter en 1 Nederlandse duim is 1 centimeter. 1 Nederlandse pond is gelijk aan 1 kilo.

doorgebrand. Zodra de rook witachtig wordt, weet de brander dat de hoop 'gaar', dat wil zeggen goed dóórgebrand, is. De hoop wordt dan volledig afgedekt met een ongeveer zes palm dikke laag plaggen. Er mag nu geen lucht meer bij komen, zodat het vuur verstikt. De hoop koelt af en blijft zo liggen tot ze is verkocht. Het meeste houtskool is afkomstig uit het Diepenbroek en uit de omgeving van Aalten en Winterswijk. Er is sprake geweest van invoer van de Lippe en de Roer, maar door de hoge transportkosten kost een mand houtskool van circa 400 kilo f10,00, terwijl inlandse houtskool, afhankelijk van de plaats van branden, f7,50 tot f9,00 per mand kost.¹³³ Een hele meiler brengt de kolenbrander 60 tot 80 gulden op. In 1809 stijgt de prijs vanwege de invoering van belasting op turf tot f125. Veertig tot zeventig percent van de productiekosten van de ijzermolens bestaat uit houtskool. Houtskool wordt door de ijzermolens ingekocht per mand, met een inhoud van ca. één kubieke meter, overeenkomend met een gewicht van ca. 200 kg. Houtskool is schaars en duur en naarmate er meer ijzermolens in bedrijf komen stijgt de prijs. In de tweede helft van de achttiende eeuw is er sprake van meer dan een verdubbeling van de prijs van de houtskool. Een belangrijke reden voor Johann Laurens Nering Bögel, om in 1820 naast de Minerva-Hütte ook de Liedernse ijzermolen te pachten, is dan ook om de concurrentie uit te schakelen bij de aankoop van houtskool.

De kalksteen die bij het smelten als toeslag wordt gebruikt komt voor een belangrijk deel uit de Achterhoek uit een groeve tussen Winterswijk en Oeding. In Ulft en Isselburg wordt ook kalk gebruikt afkomstig uit Stadtlohn, Südlohn, Coesfeld en verder uit het Münsterland. In plaats van kalksteen wordt in Liedern ook wel vloeispaat toegepast, betrokken van de Sieg of de Lahn.¹³⁴ De kalk is een onvolmaakte witte kalksteen die veel overeenkomst vertoont met het Engelse Krijtgebergte. De kalk wordt toegevoegd 'om den ijzerstof te doen schuimen', dat wil zeggen de schadelijke bestanddelen van de oer - klei en kiezelzuur - te binden waardoor de slak 'ijzerschuim' genaamd komt bovendrijven. De aard van het erts bepaalt de mate waarin kalk moet worden toegevoegd. De grote smeltbaarheid van de inlandse oer, vooral de armere soorten, maakt slechts een toevoeging van 5 à 10% kalk nodig. Ter vergelijking: de slijkertsen die in België worden uitgesmolten vereisen een toevoeging van minimaal 10% kalk, terwijl in de ijzermeltery te Seraing (nabij Luik) wel 40% aan kalk moet worden toegevoegd, terwijl de opbrengst aan ijzer 30 tot 35% bedraagt. In Cumberland (Engeland) geeft het rijke erts een opbrengst van 50% ijzer, maar daarvoor is wel een toevoeging van 30% kalk nodig. De kalk kost f 0,70 tot f 1,00 per ton van 100 kilo. De kalk wordt net als het oer voor het gebruik fijn geklopt.



In Winterswijk wordt nog steeds kalk gewonnen. Deze kalkgroeve is in 1933 geopend.

De vormen waarin wordt gegoten zijn van zand of leem, dat veelal lokaal wordt betrokken. Als zeer bruikbaar geldt de leem uit het Vissegoor bij Varsseveld. Om de doorlaatbaarheid te verhogen en het barsten van de vormen te voorkomen wordt het leem vaak met paardenmest vermengd. Het gebruik van paardenmest is zo aanzienlijk, dat het loont mest te verzamelen. Om met mest een inkomen te verwerven die gelijk staat aan die van de werklieden op de hut, moet per week tien karren

¹³³ W.A. Bake, 'Over de IJzer-Smelterijen in ons Vaderland' ... p. 397

¹³⁴ F. Boehme, 'Zur Geschichte der frühen Eisenindustrie in deutsch-holländische Grenzraum' in: *Unser Bocholt* 4 (Bocholt 1963) p. 40

mest worden afgeleverd. Per kar wordt tien tot twaalf stuivers betaald.¹³⁵ Bij grof gietwerk worden zandvormen gebruikt. Voor het fijnere gietwerk hebben lemen vormen de voorkeur. Deze lemen vormen hebben het nadeel dat ze slechts eenmaal kunnen worden gebruikt. Het leem blijft aan het gestolde ijzer vastplakken en moet worden stukgeslagen.¹³⁶ De eerste leemvormers komen niet uit de Achterhoek of omliggende regio's. Voor Ulft worden in 1754 de Waal Noel Gregoire en zijn knechten genoemd. Op de plattegrond van de Liedernse ijzermolen staat zowel een Waals als een Siegener vormhuis vermeld.

karrenvoerders en schippers, wegen, beken en rivieren

Gedeeltelijk wordt het oer voor rekening van de gieterijen gegraven en vervoerd. Het grootste deel wordt echter aangevoerd door 'karrenvoerders' die daarvoor per vat betaald krijgen. Honderden voerlieden verdienen zo met hun paard een boterham, ook in die jaargetijden waarin het veldwerk stil ligt of weinig 'handen' vereist.¹³⁷ De prijs van erts zowel als die van de brandstof wordt in belangrijke mate bepaald door transportkosten. Naarmate het oer van verdere winningen moet worden betrokken lopen de transportkosten op. Rond 1830 is ruim één vijfde deel van de productiekosten van een hoogoven transportkosten. De slechte wegen in de Achterhoek en in Overijssel en het slechte voerwerk dat wordt gebruikt zorgen ervoor dat een kar met paard op z'n hoogst 550 kg kan vervoeren. Is de afstand tussen winning en hoogoven meer dan drie uur gaans dan kan hoogstens drie keer per week de tocht ondernomen worden. Met goede wegen zou het transport met dezelfde middelen het dubbele hebben kunnen zijn, tegen de helft van de kosten. Vanaf de jaren dertig van de negentiende eeuw komt stoomenergie als alternatief voorhanden. De directe noodzaak tot vestiging aan stromend water vervalt daarmee. Verzucht wordt dan ook:

*Mocht men de ijzer-smelterijen nog bouwen, dan zou het welligt ruim zoo goed zijn, het voordeel der beweging gevende kracht van het stroomend water aan te wenden, en de ovens meer in de nabijheid der erts en der brandstof te plaatsen; want in sommige situatiën zou men, bij het stoken van turf onder de stoomketel der voor het drijven van het geblaas noodige stoommachine, voor nog geen f 4,00 daags aan brand verstoken, terwijl men door het minder kostbaar transport veel meer dan deze uitgave zoude uitwinnen; doch daar nu eenmaal deze Etablissements in hunne tegenwoordige positie bestaan, zoo zoude het van belang zijn, door het verbeteren der wegen, het transport der grondstoffen minder kostbaar te maken.*¹³⁸



Weg met karrenspoor te Laag Etten bij Terborg, ca. 1825. Hoe juist de topografische aandoening is mag worden betwijfeld, maar de tekening brengt de staat van de weg wel scherp in beeld. Naar een tekening van Adrianus van der Koogh.

Het spreekt vanzelf dat verbetering van de wegen ook goed is voor de afvoer van de producten, ook al is dit 'slechts' een kwart van het gewicht van de grondstoffen.

Snel stromende rivieren en beken zijn zeldzaam in ons land. In de provincie Overijssel en in het graafschap Zutphen zijn er enige beken die in de winter-

maanden over voldoende stromend water beschikken. De Berkel, de Schipbeek en de Oude IJssel zijn van be-

¹³⁵ F. Boehme, Zur Geschichte der frühen Eisenindustrie ... p. 40

¹³⁶ H. de Beukelaer, 'Nijverheid' ... p. 376/7

¹³⁷ Statistieke beschrijving van Gelderland (Arnhem 1826) p. 461

¹³⁸ W.A. Bake, 'Over de IJzer-Smelterijen in ons Vaderland' ... p. 673

lang voor energie en transport. De Schipbeek is de energiebron voor de ijzermolen in Deventer. De Oude IJssel en de daarin afwaterende beken is de energiebron voor de ijzerhutten te Rekhem, Liedern, Ulft, Laag-Keppel, Isselburg en Terborg/Gaanderen. De Oude IJssel heeft zijn oorsprong in de heide tussen Bocholt en Wezel, terwijl de Aa in de heide tussen Borken en Coesfeld ontspringt. De Oude IJssel stroomt langs Isselburg en Anholt om daarna de Nederlandse grens te passeren. De Oude IJssel ontvangt veel water uit verschillende beken waarvan de Aa de voornaamste is. Juist op de Nederlands-Duitse grens ontwateren de Noltwijkerbeek en de Zwarte Beek in de Oude IJssel. De Zwarte Beek is in de negentiende eeuw bevaren met kleine aken. Gedurende een deel van het jaar brengen deze aken het oer, gewonnen in het Anholterbroek, via de Zwarte Beek naar Ulft. Beneden Bocholt bevindt zich een stuwsuis in de Aa. De sluis dwingt het water naar Isselburg om daar het waterrad van de ijzermolen aan te drijven. De stuwsuis, in 1803 aangelegd op last van de vorst van Salm-Salm ten behoeve van zijn watermolens, is de doodsteek voor de aakvaart. De scheepjes kunnen de sluis, die geen schutkom heeft, niet passeren. De Aa stroomt, na de Bonte Brug gepasseerd te zijn, langs het kasteel van Ulft om zich even voorbij Ulft in de Oude IJssel te storten. Vlak voor de samenvloeiing bevindt zich een schutsluis die het water naar een gegraven kanaal stuwt om het blaaswerk van de hut te Ulft aan te drijven. Tussen Ulft en Silvolde stroomt de Lichtenbergsche Beek in de Oude IJssel en enkele kilometers verder stroomafwaarts ontvangt de rivier het water uit de Akkermansbeek. Aangezien deze beek in de zomer droogvalt wordt er in 1825 een schut geplaatst om het waterrad van Vulcaansoord aan te drijven. Om overtollig water af te kunnen voeren wordt een omloopkanaal gegraven. Kort nadat de Akkermansbeek in de Oude IJssel afwatert doet dat ook de Slangenburgsche Beek. Na Doetinchem ontvangt de rivier nog enige toevoer van water uit de Spaansche Kolk. Vlak voor Laag-Keppel splits de rivier zich. In de rechtertak bevindt zich de schutsluis voor het waterrad van de Keppelsche IJzergieterij. Na het eiland waarop het kasteel en het stadje liggen verenigt de rivier zich weer om zich enige kilometers verderop bij Doesburg in de Gelderse IJssel te storten.¹³⁹



Doesburg bij de uitmonding van de Oude IJssel in 1743. Op de voorgrond de Molenkolk en op de achtergrond de Gelderse IJssel. Goed is te zien dat de sluis een keersluis is, waar geen schepen door kunnen. De goederen afkomstig van de ijzermolens moesten hier worden overgeslagen. Naar een gekleurde tekening van Jan de Beijer.

¹³⁹ W.A. Bake, 'Over de IJzer-Smelterijen in ons Vaderland' ... p. 398-402

Vervoer over water zou een goed alternatief kunnen zijn voor de slechte wegen. Echter ook de beken en rivieren zijn slecht bevaarbaar en voor een deel van het jaar zelfs in het geheel niet. Met aken die een maximum laadvermogen hebben van slechts negen ton kan gedurende hooguit tien maanden van het jaar van Terborg naar Doesburg worden gevaren. De prijs voor een dergelijke vaart bedraagt f5,00 en daarbovenop komt nog het tol- en sluisgeld van tezamen f2,60. Vanuit Ulft kan slechts een klein deel van het jaar gevaren worden, zodat de meeste tijd de producten per kar naar de Oude IJssel worden gebracht, om vervolgens per aak naar Doesburg te worden vervoerd. In Doesburg worden de waren overgeslagen eerst naar de wal en vervolgens naar het beurtschip. Deze dubbele verlading is nodig, omdat Doesburg geen schutsluis, maar slechts een keersluis heeft. Een beter te bevaaren Oude IJssel en een schutsluis bij Doesburg zou de kosten hebben gehalveerd.¹⁴⁰ Het riviertje is vóór de Franse Tijd eigendom van de lagere overheden, die zich aan het onderhoud weinig gelegen laten liggen. Tijdens de Franse bezetting gaat de Oude IJssel over in handen van de Rijksoverheid die, met uitzondering van enkele mislukte pogingen om middelen op de begroting te plaatsen, er ook geen energie in steekt. Tot aan de oprichting van het Waterschap in 1882 gaat er weinig verloren aan de oorspronkelijke vorm en loop van de Oude IJssel. In de memorie van toelichting bij de oprichting van het Waterschap zeggen Gedeputeerde Staten van Gelderland in 1880: "De Oude IJssel verkeert in geheel abnormale toestand, daar de rivier geheel onbeheerd is." De rivier is nog in zijn oertoeestand, slingert zich in een eindeloos aantal bochten door het Achterhoekse landschap, verandert zijn loop herhaaldelijk, schuurt diepe kolken uit en werpt elders weer zandbanken op. Er zijn overal oude lopen, deels dichtgespoeld, maar deels ook als poelen gebleven.¹⁴¹

de betekenis van de Oost-Nederlandse ijzermolens

Als in augustus 1689 Josias Olmius van de Staten van het Kwartier van Zutphen en van de Magistraat van Doetinchem vergunning krijgt om te Rekhem aan de Bielheimerbeek een 'ijzermolen' te beginnen dan is dat de start van het eerste hoogovenbedrijf in Nederland. De ijzermolen aan de Bielheimerbeek is een vroegindustriële onderneming. Het zal 40 jaar duren alvorens er een tweede hoogoven in de regio – in 1729 nabij Bocholt (D) - wordt gevestigd en 65 jaar eer er een tweede hoogoven in Nederland wordt gesticht. Daarmee ontstaat er een merkwaardig vraag: is de 'Rekhemse hut' zoals het bedrijf – althans in de latere literatuur – gemeenlijk wordt genoemd nu een late of een vroege hoogoven? Gelet op het feit dat het 65 jaar duurt voor er meer hoogovens in Nederland in bedrijf komen – in 1754 te Ulft en in 1756 te Deventer – is de neiging om te spreken van een vroeg initiatief. Maar vanwege het feit dat in het nabij gelegen Siegerland al sinds de veertiende eeuw gebruik wordt gemaakt van houtskoolovens met een door waterkracht aangedreven blaaswerk, kan de vraag ook beantwoord worden met: laat. De vragen omtrent de vestiging van een hoogovenbedrijf te Rekhem zijn dan ook: waarom op dat moment en waarom daar? De laatste vraag laat zich het gemakkelijkst beantwoorden. Aan het eind van zeventiende eeuw, en ook nog geruime tijd daarna, bestaat de beschikbare energie uit wind-, water- en spierkracht van mens of dier. Voor de blaasrichting, zonder welke een hoogoven niet kan werken, is het noodzakelijk om te beschikken over een constante bron van energie. Een door waterkracht aangedreven molenrad voorziet, van alle dan beschikbare middelen, daarin nog het best. Aangezien ook de beschikbaarheid van waterkracht niet constant gegarandeerd is, wordt bij enige later in Oost-Nederland gevestigde ijzermolens een tredmolen en zelfs een rosmolen 'als reserve' aan het bedrijf toegevoegd. Waterkracht is in het oosten van het land voorhanden met de beken die uit het Duitse achterland afwateren en uiteindelijk uitkomen op de Oude IJssel en de Gelderse IJssel. De Bielheimerbeek is er een van. Een tweede factor van betekenis is de infrastructuur of beter gezegd het gebrek daaraan. De wegen zijn slecht en bij slecht weer zelfs onbegaanbaar. Een vestiging aan het water, welke de meest betrouwbare transportroute biedt, is daarom het meest verkieslijk. Door traagheid en omslachtigheid is transport een

¹⁴⁰ W.A. Bake, 'Over de IJzer-Smelterijen in ons Vaderland' ... p. 674

¹⁴¹ R. Ver Loren van Themaat, *De Oude IJssel. De veelzijdige rol van het water* (Doetinchem 1966) p. 8-9

kostbare zaak, die tot een minimum moet worden beperkt. In het geval van de Rekhemse hut is het moerasijzererts of oer in de onmiddellijke omgeving beschikbaar. De houtskool kan eveneens uit de omgeving worden betrokken. Slechts de kalk, die nodig is om het 'ijzerschuim' tot slakken te binden moet van elders worden aangevoerd. De aan te voeren hoeveelheid kalk valt echter in vergelijking met de benodigde hoeveelheden oer en houtskool in het niet. De keus om de productie te vestigen in de omgeving van de grondstoffen gaat ten koste van de afzet. De gefabriceerde producten moeten worden vervoerd en dat geeft, gelet op de slechte infrastructuur, uiteraard de nodige problemen. Het tijdstip van vestiging laat zich moeilijker verklaren. Waarschijnlijk hebben we te maken met een samenloop van omstandigheden. Het gebruik van ijzer in Nederland is weliswaar niet hoog, maar er is sprake van een groeiende behoefte terwijl het verbruik vrijwel geheel uit import wordt gedekt. In Engeland is het verbruik van ijzer in het begin van de middeleeuwen hooguit 1 à 2 kg per hoofd van de bevolking per jaar. In 1755 is dat opgelopen tot 10 kg.¹⁴² Aangenomen mag worden dat in Nederland, mogelijk wat later en wat lager, maar toch een soortgelijke verbruiksentwikkeling plaatsvindt. In de *Statistische beschrijving van Gelderland* (verschenen in 1826) worden de drie ijzermolens die de Achterhoek rijk is beschreven: Van der Horst & Aberson in Keppel, Diepenbrock & Reigers in Ulft en Van Raesfeld, De Both & Co. op de grens van Terborg en Gaanderen. Deze drie molens, maar ook de concurrentie te Deventer, Isselburg en Liedern, produceren in aanvang vooral huishoudelijke artikelen als ketels, pannen en haardplaten. Vanwege het krijgsbedrijf in de achttiende eeuw en het grote verbruik van oorlogsmateriaal maken de ijzermolens goede tijden door. In *Die Jahresberichte des Amtsrentmeisters von Bocholt* over de jaren 1796-1800 treffen we aan: "Man giebt ... seit den kriegerischen Unruhen häufig Kugeln." Als bestemming wordt o.m. Nederland genoemd, waarvoor het transport over de Bocholter Aa voert. Na de nederlaag van Napoleon komt er een einde aan de hoogconjunctuur voor oorlogsmateriaal, hoewel dat in die tijd niet duidelijk wordt onderkend, want het wordt vooral geweten aan de 'troebelen van de tijd'. Binnen de herstelde grenzen reageren de autoriteiten met protectionistische maatregelen als tollens en invoerheffingen.¹⁴³ De vraag naar en het assortiment van gietijzeren producten neemt later in de negentiende eeuw enorm toe. Er is vooral vraag naar huishoudelijke artikelen: haardplaten, potten en siergietwerk. De groei van de steden en de ontwikkeling van de infrastructuur vraagt om toepassing van modern materiaal en gietijzer kan daarin voorzien. De steden krijgen straatverlichting. Lantaarnpalen, gasleidingen, riolering, putdeksels en postbussen vinden hun plaats en vormen de rijke collectie aan straatmeubilair. Aan het einde van de negentiende eeuw komt daar nog de groei aan export naar Nederlands-Indië bij. Elke ijzerhut kan per dag een houtskoolhoop van middelmatige grootte verstoken voor de prijs van 60 à 80 gulden. In een campagne die 7 à 9 maanden duurt wordt er derhalve voor 15.000 tot 20.000 gulden aan houtskool verstoekt. Ieder bedrijf verwerkt per jaar ongeveer 10.000 ton erts, dat afgegraven wordt uit de oerbanken in de omgeving van Vorden en Hengelo, in de buurtschap Voorst onder Gendringen en uit het Anholterbroek bij Dinxperlo. Gedeeltelijk geschiedt het afgraven en het vervoer per schuit of wagen naar de smelterijen voor rekening van de ijzerbedrijven, maar grotendeels verrichten de boeren dit graafwerk en transport voor eigen rekening en worden zij per afgeleverd vat ijzeroer betaald. Op die manier maken ze ook in het winterseizoen hun krachten en paarden productief. Behalve de oergravers, de houtskoolbranders, en de kar- en schuitenvoerders voor het transport vinden tijdens de campagne 30 à 40 arbeiders geregeld werk op de fabriek. De fabricage van ijzer uit oer levert een dun vloeiend ijzer op dat niet geschikt is voor smeedijzer of staal. Het in de Achterhoek geproduceerde ijzer wordt dan ook vrijwel uitsluitend als gietwerk afgeleverd. Het met schuiten of karren aangevoerde erts wordt klein geslagen en gewassen. Rijker en armer erts worden gemengd tot een voor het smeltproces zo voordelig mogelijke samenstelling. Met kruiwagens wordt de ovenlading over een oplopende brug – gicht of jicht genaamd – naar de bovenverdieping van het gebouw gereden waarin zich de hoogoven bevindt. De hoogoven staat opgesteld in een hoog rechthoekig bakstenen gebouw en staat niet vrij. De eerste vrijstaande hoogoven dateert van 1888 te

¹⁴² E. Hijmans, *Mens, metaal, machine...* p. 25

¹⁴³ W. Sundermann, 'Bocholt und die östlichen Niederlande: Handel – Verkehr – Textilindustrie – Eisenindustrie' in: *Kooperman, Kraam en Karrenspoor. Handel tussen IJssel en Berkel* (Lüdinghausen 2001) p.188-9

Duitsland.¹⁴⁴ Laag om laag wordt oer, houtskool en toeslag (kalk) in de mond van de hoogoven gestort. De constructie van de hoogovens langs de Oude IJssel, maar ook die in Overijssel lijkt zeer op elkaar. De ovens zijn van binnen vierkant met in de rust afgeronde hoeken. Van de bodem van de kroes tot aan de mond meet de hoogoven 6½ el. De mond is 6 palmen breed en in de buik is de breedte 1,6 el. De kroes en het gestel tot onder de rust is van Bentheimer zandsteen opgetrokken. De rest van de oven is van binnen met gewone baksteen bekleed. De oven wordt, met behulp van een blaaswerk, bestaande uit twee houten bakken die met de onderzijde in een bak met water staan, slechts aan een zijde aangeblazen via een blaaspijp met een doorsnede van 3¼ duim. Het blaaswerk levert, wanneer er geen gebrek aan water is, 17 tot 21 kubieke el lucht. Voor het opstoken van de oven wordt de oven uitsluitend gevuld met houtskool. Onder in de oven wordt de houtskool aangestoken. Het vuur wordt door het meer of minder openen van de brandopening geregeld. Het blaaswerk wordt dan nog niet gebruikt. Als het houtskool fel brandt en de oven langzamerhand de vereiste temperatuur bereikt wordt het erts vermengd met toeslag en de houtskool van boven af in de oven gestort. De houtskoolvulling is door verbranding dan al een eind onder de ovenmond ineengezakt. De gestorte ladingen zullen naarmate het houtskool verder verbrandt dieper de oven inzakken. Bereiken de eerste ladingen de rust dan zal het blaaswerk, eerst zwak en daarna steeds sterker worden bijgezet. De temperatuur in de oven zal hierdoor sterk oplopen. Door de vernauwing in de rust blijven de ladingen in de nabijheid van het blaaswerk langer hangen. De hoge temperatuur die hier heerst zal het erts volledig doen smelten. De kroes – het onderste deel van de oven - moet nu van houtskool worden gezuiverd om het tot ontvangen van het gesmolten ijzer gereed te maken. De verontreiniging in het erts wordt door de toeslag gebonden tot slakken die door hun lager soortelijke gewicht drijven op het vloeibare ijzer. Van tijd tot tijd wordt de slak weggeschept.

In de hoogoven ondergaat het ijzererts een viertal te onderscheiden processen. In de top van de oven waar de temperatuur het laagst is, wordt het erts geroost. De waterdelen en ander vluchtige stoffen dampen uit het erts. De ertsbrokken worden poreus en breken in kleinere delen en bieden daardoor een groter toegankelijk oppervlak. Na het roosten zakt het erts een weinig naar beneden en komt in aanraking met gloeiend houtskool (2^e bewerking). De zuurstof in het erts begint zich met de koolstof te verbinden. Al verder zakkend in de oven volgt de derde bewerking, de zogenaamde cementatie. Het ijzer wordt met koolstof verrijkt waardoor er een beter smeltbaar ijzerkoolstofmengsel ontstaat. Dit mengsel zakt tot in de rust waar de hoogste temperatuur heerst. Het is in de rust dat het ijzer vloeibaar wordt en ijzer en verontreiniging zich scheidt.¹⁴⁵ Is de smelting aan de gang dan worden er per 24 uur zestien tot twintig ladingen in de oven gestort. Een lading bestaat uit circa 310 kilo erts, 18 kilo kalk en circa 260 kilo houtskool. Het uitgesmolten ijzer verzamelt zich in de kroes die 1300 kilo gesmolten ijzer kan bevatten. Twee tot drie maal per etmaal wordt het ijzer met ijzeren lepels, die met klei zijn besmeerd, uit de kroes geschept en gegoten in van zand gemaakte vormen. De opbrengst per etmaal is 2.000 tot 2.500 kilo ijzer. Een oven kan ongeveer 46 weken onafgebroken produceren. Daarna moet kroes en gestel opnieuw uit Bentheimer zandsteen worden opgetrokken en de oven moet opnieuw met baksteen worden bekleed. Met de reparatie en het opnieuw opstoken van de oven is zo'n zes weken gemoeid.¹⁴⁶

Elk bedrijf produceert, naar schatting van de eerdergenoemde statistische beschrijving, 250 à 400 ton per jaar aan ijzerwerk: deels ruwe blokken, maar meest gegoten stukken. Deze worden naar alle delen van het land verkocht en met kleine aken over de Oude IJssel verscheept. In Doesburg worden de producten overgeladen in rivierschepen voor het verdere vervoer. Alleen bij de DRU is het de gewoonte een hoge waterstand in de Oude IJssel af te wachten, zodat de producten direct naar Holland kunnen worden vervoerd. De gezamenlijke productie van de ijzersmelterijen wordt voor 1836 geschat op 3.000 ton. Deze productie dekt voor zo'n 75% het jaarlijks binnenlands verbruik.

Omstreeks het midden van de negentiende eeuw worden een tweetal verbeteringen in de techniek van de smelterijen aangebracht. Het eerste betreft het blazen met voorverwarmde lucht - een bespa-

¹⁴⁴ A. Dekker, *De Oost-Nederlandse hoogovens ...* p. 7

¹⁴⁵ W.A. Bake, 'Over de IJzer-Smelterijen in ons Vaderland' ... p. 676/9

¹⁴⁶ W.A. Bake, 'Over de IJzer-Smelterijen in ons Vaderland' ... p.402/3

ring op de brandstof - en het tweede is het in gebruik nemen van de stoommachine ter vervanging van de waterkracht. Het gebruik van ijzeroer als erts en houtskool als brandstof wordt te duur. Door de grote vraag naar houtskool stijgt deze voortdurend in prijs, terwijl in de naaste omgeving de oerbanken uitgeput raken, zodat het oer bij Groenlo en Eibergen en zelfs tot bij Raalte moet worden afgegraven. De gunstige vestigingsfactoren: oer, houtskool en waterkracht, die tezamen zorgden voor het ontstaan van de ijzermolens, vervallen derhalve. In de jaren na 1870 geeft de een na de andere onderneming de winning van ijzer uit oer op en dooft zijn hoogoven; als laatste die te Ulft in 1882.

De ijzermolens in het oosten van ons land vormen vanaf het einde van de zeventiende tot in de tweede helft van de negentiende eeuw een unieke industrie in het met mineralen niet rijk bedeelde Nederland. Slechts de zoutindustrie en de industrie gebaseerd op fossiele brandstoffen (turf, steenkool, aardolie en gas) zijn andere voorbeelden van industrieën gebaseerd op inlandse delfstoffen.

Om de ontwikkeling van de gietijzerproductie uit Nederlands oer in kaart te brengen, is gebruik gemaakt van door tijdgenoten opgetekende beschrijvingen van de door 'ijzerhutten' geconsumeerde grondstoffen: ijzeroer, houtskool en kalk, alsmede de door de hutten gerealiseerde (giet)ijzerproductie. In de Franse enquêtes wordt vermeld dat de Nederlandse ijzermolens jaarlijks drie tot viereuhalf, in Deventer zelfs zes tot achteuhalf ton gietijzer produceren. Latere gegevens zijn afkomstig van Bake, zelf eigenaar van een ijzergieterij bij Luik, die optekent dat de Nederlandse ijzermolens in de jaren twintig en dertig van de negentiende eeuw per bedrijf jaarlijks circa 1.800 ton ijzeroer verwerken. Uit deze hoeveelheid oer wordt tussen de 644 en 805 ton gietijzer gemaakt. Op grond van deze gegevens komt Bake tot de conclusie dat uit het inlandse ijzeroer circa 3.000 ton gietijzer is geproduceerd. Door de kleinschaligheid van de ijzermolens alsmede het feit dat ze te kampen hebben met stilstand als gevolg van droogte of vorst, mag worden aangenomen dat het hier om een maximum schatting gaat. Westermann komt, rekening houdend met deze productieremmende factoren, tot een productie van tussen de 250 en 400 ton gietijzer per bedrijf. Uitgaande van deze laatste cijfers bedroeg de totale jaarlijkse ijzerproductie van Nederlandse 'ijzerhutten' tijdens het tweede kwart van de negentiende eeuw circa 1.500 ton. Doordat de gieterij in Deventer (Nering Bögel) in deze periode van twee ovens gebruik maakte, en hier circa 1.000 ton ijzer mee produceerde, moet het totaalcijfer voor Nederland voor deze periode op 2.000 ton worden geschat. Wanneer deze schattingen: omstreeks 1800 circa 1.500 ton en 1830 circa 2.000 ton, met elkaar worden vergeleken, kan geconcludeerd worden dat de productietoename van 500 ton op het conto van de in 1821 opgerichte ijzersmelterij 'Vulcaansoord' gebracht kan worden. Er is verondersteld dat het productieniveau van 2.000 ton tot 1850 ongewijzigd bleef. In de tweede helft van de negentiende eeuw loopt de productie van inlands gietijzer als gevolg van steeds hogere houtskoolprijzen en de concurrentie van de Duitse cokeshoogovens terug. Na circa 1880 is de verwerking van ijzeroer nagenoeg gestopt. Uit de structuur van de kostprijzen blijkt dat de waarde van de grondstoffen, waaronder het delven en transporteren, zwaar op de eindprijs drukte. Samen vertegenwoordigen deze kosten zeker 70% van de eindprijs waardoor de toegevoegde waarde op 30% geschat kan worden: lonen 20%, afschrijvingen 5% en winst 5%. Door uit te gaan van prijzen uit circa 1810, 1830 en 1850, kon voor de gehele periode een toegevoegde waarde berekend worden.

Ondanks de kwantitatief omvangrijke gietijzerproductie van circa 1.500 ton, was haar economische betekenis of haar gewicht in toegevoegde waarde gering. Dit was een direct gevolg van de lage kwaliteit van het inlandse ijzeroer, waar slechts goedkope producten als ballast, (raam)gewichten en eenvoudige artikelen voor huishoudelijk gebruik van gemaakt werden. Doordat slechts een klein deel van de metaalproducten van inlands ijzeroer werd gemaakt, kan worden aangenomen dat de totale waarde van het door de metaalnijverheid tot stand gebrachte product afkomstig was van ingevoerd giet- of stafijzer. De van dit buitenlandse ijzer gegoten producten waren van hoge kwaliteit en vertegenwoordigden een grotere toegevoegde waarde per eenheid product. Veel van de uit hoogwaardig ijzer gefabriceerde producten zoals machines en andere kapitaalgoederen, waren, afgezien van de

extra toegevoegde waarde, van belang doordat ze in principe door andere takken van nijverheid konden worden gebruikt. Ze stimuleerden hierdoor de totale industriële productie.¹⁴⁷

¹⁴⁷ M. Jansen, *De industriële ontwikkeling in Nederland 1800-1850* (Amsterdam 1999) p. 57-61