

Kompass, Papier und Schießpulver

Zum Technologietransfer zwischen Orient und Okzident und seinen Auswirkungen auf die abendländische Gesellschaft des Spätmittelalters

Vortrag im Rahmen der 2. interdisziplinären Ringvorlesung der Salzburger Mittelalterstudien

„Orient und Okzident im Mittelalter – Kontakte und Konflikte“

Salzburg, 20. Jänner 2003

von Christian Rohr

1) Einleitung

Wäre die Entdeckung – oder besser die Eroberung – der Neuen Welt denkbar ohne den Kompass und andere Navigationsgeräte für die Hochseeschifffahrt? Wäre die Reformation Martin Luthers und anderer möglich gewesen ohne die rasche und weite Verbreitung ihrer Gedanken mittels Buchdruck auf Papier? Wäre das Rittertum am Ende des Mittelalters durch mit Kanonen ausgerüstete Söldnertruppen ersetzt worden ohne die Einführung des Schießpulvers?

Viele der Veränderungen, die heute zur Definition der Frühneuzeit herangezogen werden, haben schon im Spätmittelalter ihren Anfang genommen. Die neuen Technologien, die diese Veränderungen maßgeblich vorbereitet und ermöglicht haben, kamen zu einem nicht unerheblichen Teil aus dem Orient. Die muslimische Welt des vorderen und mittleren Orients, Nordafrikas und Spaniens nahm dabei zumeist eine Transferrolle ein, das heißt dass sie Erfindungen aus Indien und aus Ostasien aufnahm, weiterentwickelte und an das christliche Abendland vermittelte. Im europäischen Westen wiederum wurden diese Technologien nicht nur rezipiert, sondern ihrerseits verfeinert und mit so mancher eigenen Errungenschaft kombiniert.

Die folgenden Ausführungen sollen dazu dienen, diese allgemeinen Behauptungen anhand dreier Beispiele näher zu überprüfen: Kompass, Papier und Schießpulver. Ich möchte dabei technikgeschichtliche und kulturgeschichtliche Betrachtungsweisen verbinden, ohne allerdings zu sehr ins Detail zu gehen, um den Überblicks- und Einführungscharakter dieser Ringvorlesung zu bewahren. Es wird sich aber zeigen, dass sich die Frage nach dem Kulturtransfer zwischen Orient und Okzident bei genauerer Betrachtung gar nicht so klar beantworten lässt.

Die Liste der Technologien und allgemeinen Kenntnisse zu vielen Wissensgebieten ließe sich freilich noch lange fortsetzen, man denke nur an die Übermittlung der arabischen bzw. eigentlich indischen Zahlen, die auf dem Dezimalsystem beruhen und dadurch die Arithmetik revo-

lutionierten. Auch der Transfer der antiken Medizin und Philosophie ist an dieser Stelle zu nennen, doch sei in diesem Zusammenhang auf den Beitrag von Ksenija Fallend im Rahmen dieser Ringvorlesung verwiesen.

2) Der Kompass und seine Verbreitung

Bei der Fahrt über das offene Meer fehlte den Menschen jede Art von landschaftlichen Merkmalen zur Orientierung. So verwundert es nicht, dass die Menschen für lange Zeit Schifffahrt allein entlang der Küsten betrieben und zwar weniger aufgrund der Gefahren des offenen Meeres – diese waren an manchen Küstenabschnitten deutlich höher –, sondern aufgrund der weitgehenden Richtungs- und Orientierungslosigkeit. Natürlich boten Sonnenstand und Sterne bei Schönwetter wichtige Hilfen zur Orientierung, doch konnte bei stürmischem Schlechtwetter jeder Anhaltspunkt verloren gehen. Zudem veränderte sich die genaue Position des Auf- und Untergangs im Jahreswechsel, je mehr man vom Äquator entfernt war. Die Geschichte von den Irrfahrten des Odysseus spiegelt mit Sicherheit das wichtigste Problem der antiken und mittelalterlichen Schifffahrt wider.

Für die Fahrt entlang der Küsten, dem so genannten Periplus, waren schon in der Antike detaillierte Beschreibungen und Karten üblich geworden, etwa die des Pomponius Mela aus der Zeit um 43/44 n. Chr. Freilich funktionierte die Küstenschifffahrt im Atlantik mit seiner deutlich höheren Nebelwahrscheinlichkeit, dem starken Unterschied der Gezeiten, den starken Strömungs- und Windeinflüssen und den vielen Flachküsten weniger gut als im vergleichsweise ruhigen Mittelmeer.

Auch die Erforschung des Sternenhimmels im Jahreskreis war in der Antike verfeinert worden; die Anfänge dazu lagen aber mit Sicherheit schon in urgeschichtlicher Zeit, wie viele prähistorische Monumente zur Sternenbeobachtung beweisen. Im Mittelalter wurden die Kenntnisse der antiken Astronomie weitgehend ungeschmälert rezipiert und zum Teil eigenständig erweitert. Ein frühes Beispiel einer eigenständigen Sternenbeobachtung stellt der fränkische Geschichtsschreiber Gregor von Tours (538-594) dar. Aus vermutlich persönlichem Interesse an der Natur, aber auch zur Bestimmung der monastischen Gebetsstunden während der Nacht verfasste er die Schrift „De cursu stellarum ratio“ („Berechnung zum Lauf der Gestirne“).

Somit lag es im Interesse zahlreicher Weltgegenden, für die Seefahrt eine weitere und vor allem vom Wetter unabhängige Orientierungshilfe zu finden: den Kompass. Der Begriff Kompass leitet sich von italienisch „compassare“, „ringsum abschreiten“, „abmessen“, ab,

doch setzte er sich erst seit dem 15. Jahrhundert allgemein durch. Im nordischen Bereich sprach man bis etwa 1300 vom so genannten *Leiðarsteinn*, in Italien von der *bussola* („Büchse“), in Spanien von der *aguja* („Nadel“).

In historischer Zeit handelt es sich in erster Linie um Magnetkompass. Sie beruhen auf der vom Erdmagnetismus ausgehenden, auf einen Magneten ausgeübten Richtkraft, die die Magnetnadel fast überall auf der Erde (ausgenommen sind die Polargebiete) in den magnetischen Meridian, das heißt in die magnetische Nord-Süd-Richtung, einstellt. Da die magnetischen Pole nicht mit den geographischen Polen übereinstimmen, zeigen Kompass eine örtlich verschiedene Abweichung von der Nord-Süd-Richtung, die Missweisung (Deklination). Bei kleineren Kompassen spielt die auf einer feinen Spitze (Pinne) sitzende Nadel über der Kompassrose, einer mit Markierungen für die Himmelsrichtungen und einer Skala für weitere Unterteilungen des Vollkreises versehenen runden Scheibe. Bei größeren Kompassen sind meist mehrere Magnetnadeln (stabförmige Dauermagnete) an der Unterseite der Kompassrose fixiert, die sich, auf einer Pinne drehend, selbst in den magnetischen Meridian einstellt. Magnetnadeln können aber auch lose in einer Flüssigkeit schwimmend angebracht sein.

Woher stammte der Kompass wirklich? Wurde er, wie häufig zu lesen ist, in China erfunden und über die Araber, nach anderen älteren Theorien durch Marco Polo, nach Europa gebracht? Beide Annahmen gelten heute mehr denn je als unwahrscheinlich. Vielmehr ist davon auszugehen, dass es unabhängig in mehreren Gegenden der Erde zur Entwicklung einfacher Kompass gekommen sein dürfte und der Technologietransfer diese schon bestehenden Erfindungen nur verfeinerte. Fest steht jedenfalls, dass schon im antiken Griechenland bekannt war, dass sich Magnetnadeln in Nord-Süd-Richtung orientieren. Für China ist die Kenntnis des Magnetismus und seiner Nutzbarkeit für die Nord-Süd-Orientierung schon seit zumindest 2000 Jahren anzunehmen, vielleicht aber sogar schon seit dem 3. Jahrtausend v. Chr.; der Bau von Instrumenten ist allerdings erst für die Sung-Dynastie (ca. 960/1127-1279) gesichert.

Im abendländischen Mittelalter verwendeten aller Wahrscheinlichkeit nach schon die Wikinger dieses Prinzip, um sich bei ihren Seefahrten zu orientieren. Im mediterranen Raum taucht der Kompass im 12. Jahrhundert als Navigationsinstrument auf; die ersten gebrauchsfertigen Instrumente datieren aus dem Ende des 12. Jahrhunderts und werden etwa beim englischen Gelehrten Alexander Neckam in dessen Schrift „*De utensilibus*“ („Von nützlichen Geräten“, 1187) sowie beim nordfranzösischen Trouvère Guiot de Provins vorgestellt. Der Franzose Petrus Peregrinus de Maricourt widmete 1269 dem Kompass eine eigene, „*Epistola de magnete*“ („Brief über den Magneten“) betitelte Schrift; er beschrieb darin sowohl schwimmende als auch „trockene“ Magnetnadeln, wobei er für die Seefahrt letztere Variante empfahl (Abb. 1).

Insgesamt setzte sich der Kompass in der Seefahrt erst langsam durch und wurde aufgrund seiner Ungenauigkeit nur verwendet, wenn andere Navigationsinstrumente witterungsbedingt ausfielen. Zudem wird im Bergrecht von Massa in der Toskana aus dem 13. Jahrhundert die Verwendung des Kompasses erstmals auch im Rahmen des Bergbaus belegt. Im 15. Jahrhundert gehörte der Kompass schließlich zu einem der wichtigsten Utensilien des Markscheidewesens, etwa auch in den Silberbergwerken von Schwaz in Tirol.

Es stellt sich daher die Frage, warum die Araber allgemein so sehr mit der Entwicklung der Seefahrt im Abendland in Verbindung gebracht werden. Vielleicht liegt dies in dem Umstand begraben, dass ein weiteres, vielleicht noch wichtigeres Navigationsinstrument seinen Weg ins Abendland über die Araber fand: das Astrolab. Es handelt sich dabei um ein Gerät zur Messung der Sonnenhöhe und der Sternenposition. Es bestand aus einer runden büchsenförmigen, mit einer Aufhängevorrichtung versehenen Einfassung, Mater („Mutter“) genannt, verschiedenen darin befindlichen Einlagescheiben, einer darüber gelegten drehbaren Scheibe, dem so genannten „Netz“, sowie einer Visiereinrichtung. Durch die Drehung des Netzes gegen die Mater konnte für jede beliebige Stunde bzw. jeden beliebigen Tag die Stellung der Gestirne gegen den Horizont ermittelt werden. Auf der Rückseite befand sich eine Kreisteilung für Höhenmessungen. Das gezeigte arabische Beispiel geht wohl auf ein Exemplar vor 1000 zurück, wurde aber nach einer Inschrift auf der Hülle erst 1252 im spanischen Raum im Zusammenhang mit den astronomischen Studien König Alfons X. von Kastilien angefertigt (Abb. 2).

Das Astrolab war in seiner Grundform schon bei den Griechen bekannt und erhielt unter den Arabern zahlreiche Verbesserungen, die ihren Abschluss im 11. Jahrhundert fanden. Seit dieser Zeit drang es aus dem arabischen Raum auch nach Mitteleuropa vor und wurde noch im 15. Jahrhundert von zahlreichen führenden Astronomen, etwa Johannes von Gmunden, Georg von Peurbach und Johannes Müller von Königsberg, genannt Regiomontanus, verwendet bzw. selbst angefertigt.

3) Papier – Herkunft, Verbreitung, Herstellung

Papier wurde im 2. Jahrhundert n. Chr. in China erfunden. Ähnlich wie im spätmittelalterlichen Abendland kam es damals zu einer Explosion der Schriftlichkeit, dem ein Mangel an geeignetem und vor allem billigem Beschreibstoff gegenüberstand. Der chinesische Historiker Fan Yeh aus dem 5. Jahrhundert n. Chr. berichtet dazu folgendes:

„Von alters her wurden zum Schreiben Bambustafeln verwendet, die man zusammenband. Es gab auch ein Papier, das aus Seidenabfällen hergestellt war und Chi genannt wurde. Aber die Seide war zu teuer und die Bambustafeln waren zu schwer, beide also zur Verwendung nicht geeignet. So fasste Tsái Lun den Plan, aus Baumrinde oder Bastfasern, Hanf und auch aus alten Lumpen und Fischnetzen Papier zu bereiten. Im Jahr 105 n. Chr. berichtete er darüber dem Kaiser und dieser lobte seine Fähigkeiten. Seitdem wurde das Papier allgemein gebraucht, und im gesamten Kaiserreich nannten es alle das Papier des gnädigen Tsái.“

Ob Tsái Lun, ein Eunuch und Direktor der kaiserlichen Arsenalen bei Hof, tatsächlich als Erfinder des Papiers gelten darf oder ob es schon in der Zeit der westlichen Han-Dynastie (221 v. Chr. – 24 n. Chr.) erfunden wurde, ist in der Forschung umstritten. Es ist anzunehmen, dass Tsái Lun schon bestehende Techniken verfeinerte. Traditionell wurde Papier in China mit schwimmenden Sieben geschöpft (Abb. 3).

Bemerkenswert ist, dass Papier in China vielseitige Verwendung fand: Seit dem 2. Jahrhundert n. Chr. ist die Verwendung von Papiertaschentüchern belegt, seit 363 erschien die „Peking-Zeitung“, deren Erscheinen erst 1936 eingestellt wurde. Seit dem 6. Jahrhundert gab es in China Toilettepapier, das freilich einem arabischen Reisenden des 9. Jahrhunderts als wenig hygienischer Brauch erschien, schrieb doch der Koran vor, sich nach der Verrichtung eines Geschäfts mit Wasser zu waschen. Weiters fand Papier für Möbel, Vorhänge, Fenster, Türen, Schirme, Laternen, Kleidung, Schuhe, Bettwäsche, Flöten, Papiergeld, Spielzeug und vieles mehr Verwendung. Zudem wurde Papier seit dem 8. Jahrhundert auch für Blockdrucke benötigt.

Das Papier breitete sich zunächst im 4. bis 6. Jahrhundert nach Westchina aus, im 7. Jahrhundert auch nach Japan und Südostasien. 751 ist seine Herstellung in der innerasiatischen Metropole Sarmakand im heutigen Usbekistan belegt, in den beiden folgenden Jahrhunderten erreichte es alle Zentren der arabisch-islamischen Welt (Abb. 4). Zentren der Papierherstellung waren neben Sarmakand auch Täbris im alten Persien, Bagdad, Damaskus und Kairo (Abb. 5). Im 12. Jahrhundert, in Süditalien vielleicht sogar schon im 11. Jahrhundert, schließlich wurde Papier erstmals auf europäischem Boden erzeugt. Die Papiermühle bei Valencia wurde allerdings noch von Arabern betrieben. Ein Jahrhundert später entstanden die ersten Papiermühlen in christlich beherrschten Gebieten, zunächst in Spanien und Italien (Fabriano bei Ancona, 1260/70), später auch in Westeuropa (Troyes, 1338) und Deutschland (Nürnberg 1390). In Österreich ist die Papierherstellung erst seit der Mitte des 15. Jahrhunderts belegt, erste Zentren waren St. Pölten und Wiener Neustadt (Abb. 6).

Papier war seit jeher ein „Recyclingprodukt“: Leinenlumpen wurden zerkleinert, in Wasser aufgeweicht und einem Fäulnisprozess unterzogen. Die verbliebenen Fasern wurden mehrmals gestampft und mit Wasser versetzt. Aus einem Bottich wurde in weiterer Folge der Papierbrei mit einem Sieb geschöpft; die Fasern blieben an den Drähten hängen, das Wasser floss ab. Auf einem Wollfilz wurde der Bogen in wiegender Bewegung abgedrückt und mit einem weiteren Filz bedeckt. Darauf wurde wieder abwechselnd Papier bzw. Filz gelegt, bis ein hoher Stoß entstand, der zum Ausdrücken des verbliebenen Wassers in eine Presse gelangte. Schließlich wurde das Papier noch geleimt: Wasser wurde mit tierischen Leimen und Alaun zu Leimwasser versetzt, durch das die Papierblätter einmal oder mehrmals gezogen wurden (Abb. 7).

Schon bald war es in den Papiermühlen Europas üblich, die eigene Produktion durch ein Wasserzeichen zu kennzeichnen. Dafür wurde auf die Drähte des Papiersiebes ein weiterer Draht gelegt, der zu einer Figur, beispielsweise einem Tier, einem menschlichen Kopf oder einer Krone geformt war. An der Stelle der Drähte ist das Papier etwas dünner, sodass diese Stellen erkennbar sind, wenn man das Papier gegen das Licht hält. Solche Wasserzeichen stellen ein wichtiges Merkmal zur Datierung und Lokalisierung des Papiers und damit auch der Handschrift dar. Da die Drähte für das Wasserzeichen nur wenige Jahre hielten, lässt sich das Papier mittels Wasserzeichen auf wenige Jahre genau datieren. Allerdings sind die Unterschiede zwischen den einzelnen Wasserzeichen oft sehr gering. Außerdem erhöhte sich ihre Zahl in der frühen Neuzeit stark. Die Findbücher zu Wasserzeichen, etwa von Briquet und Piccard, sind daher sehr umfangreich und enthalten dennoch nur einen Bruchteil der heute bekannten Wasserzeichen.

Papierblätter wurden ebenso wie Pergament zu Handschriften gebunden, wobei das deutlich sprödere und leichter reißbare Papier zwar billig, aber nicht so widerstandsfähig war. Papiercodices sind in Mitteleuropa seit der Mitte des 13. Jahrhunderts belegt, freilich noch aus Papier, das aus dem arabischen Raum importiert wurde. Besonders in Italien, dort wiederum in Sizilien (der älteste Beleg für eine Urkunde auf Papier stammt aus dem Jahr 1090) und in der päpstlichen Kanzlei (v. a. ab dem 13. Jahrhundert erhaltene Register), und in Spanien setzte sich das Papier rasch durch, besonders für Konzepte, Protokolle und Register. In Mitteleuropa löste es erst im 15. Jahrhundert und schließlich mit der Einführung des Buchdruckes Pergament als wichtigsten Beschreibstoff ab.

4) Das Schießpulver

Beim Schießpulver handelt es sich um ein Gemisch aus Holzkohle, Salpeter und Schwefel. Es stammt ursprünglich aus China und war dort vermutlich seit dem 2. Jahrhundert n. Chr. bekannt. Seit dem 13. Jahrhundert erst wurde es auch als pyrotechnisches Kriegsmittel verwendet, allerdings noch nicht als Treibmittel für Geschosse. Vielmehr kam es in Form von Brandsätzen und salpeterhaltigen Kriegsfeuern zum Einsatz, die während einer Belagerung durch die Mongolen im Jahr 1232 mit Wurfmaschinen gegen die Angreifer geschleudert wurden.

Über die Araber gelangte die Kenntnis über dieses explosive Gemisch nach Europa, wobei die genaue Zeit dieses Transfers in der neueren Forschung mehr denn je umstritten ist. In Europa vollzog sich in der Folge ein entscheidender Wandel im Einsatz des Sprengstoffes: der Einsatz als Treibmittel. Dies setzte die Erkenntnis voraus, dass der Expansionsdrang des entzündeten Pulvers als kinetische Energie für Geschosse verwendet werden konnte. 1326 ist diese neue Technik erstmals in Florenz bezeugt, 1327 in einer englischen Handschrift für König Edward III., 1331 in Cividale und erst 1332 in China; somit muss die Frage nach dem Ort, dem genauen Zeitpunkt dieses Entwicklungsschritts sowie nach dem Urheber der Erfindung unbeantwortet bleiben; alte Zuschreibungen, etwa an einen „Berthold Schwarz“, haben sich mittlerweile als unhaltbare Mythen erwiesen. Festzuhalten bleibt aber, dass rein die Kenntnis von der Zusammensetzung des Schießpulvers aus China über die Araber nach Europa gelangte, der entscheidende Schritt zum Einsatz für Feuerwaffen aber in Europa – und vielleicht zeitgleich und unabhängig davon in China – erfolgte.

Die spätmittelalterlichen Feuerwaffen werden als Büchsen bezeichnet. Man unterscheidet dabei zwischen den von einem Schützen zu bedienenden Handbüchsen und größeren kanonenartigen Geschützen, den so genannten Steinbüchsen (Abb. 8). Letztere haben ihren Namen von den Steinkugeln, die die hauptsächliche Munition darstellten. Sie wurden im 14. Jahrhundert zumeist aus Gusseisen, im 15. Jahrhundert vornehmlich aus Bronze fabriziert; Glocken- und Kunstgießer wandten dabei ihre traditionellen Fähigkeiten für die Herstellung von Büchsen an. Leichte bzw. mittlere Steinbüchsen waren für Kugeln mit einem Durchmesser von etwa 12-20 cm ausgerichtet, große Steinbüchsen für Kugeln mit 25-45 cm Durchmesser, Riesenbüchsen, etwa der so genannte „Pumhart von Steyr“ (heute im Heeresgeschichtlichen Museum in Wien), erreichten einen Kugeldurchmesser von bis zu 80 cm. Kleinere Geschütze wurden im 15. Jahrhundert auf Karren oder Böcke verlegt, um die Zielrichtung des Geschützes auf das Ziel rascher anpassen zu können.

Allen Büchsentypen ist der grundsätzliche Aufbau aus dem so genannten Flug, das ist der Teil, in dem die Kugel steckt, und der Pulverkammer gemein. Wichtig war dabei die völlige Verdichtung von Flug bzw. Kugel und Pulverkammer. Die Kugel wurde zusätzlich „verschoppt“, das heißt der ganze Flug mit Lehm oder Sand zugestopft, da durch die so entstehende Hemmung des Gasdrucks die Treibkraft für die Kugel noch erhöht wurde (Abb. 9). Ein ständiges Problem stellte der Rückstoß dar. Besonders bei großen Geschossen wurden so genannte Legstücke, das sind Balkenwiderlager, angebracht. Das Beladen mit Schießpulver erforderte große Fachkenntnis. Etwa im Verhältnis von 1:19 zum Gewicht der Kugel musste Schießpulver in die Pulverkammer eingefüllt werden. Besonders bei kleinen Geschossen und bei schlechter Witterung konnte das Zünden der Lunte extrem schwierig werden. Insgesamt dauerte somit der Ladevorgang sehr lange. Bei den großen Steinbüchsen, die zum Durchbrechen von Stadtmauern verwendet wurden, dürften nur etwa zwei bis drei Schuss pro Tag möglich gewesen sein. Wenn diese großen Geschosse trafen, so verfehlten sie im Normalfall nicht ihre Wirkung, doch ist gerade im ausgehenden Mittelalter von zahlreichen Pannen auszugehen.

Seit der Mitte des 15. Jahrhunderts finden sich in zahlreichen städtischen und landesfürstlichen Abrechnungen Hinweise auf den verstärkten Einsatz von Handfeuerwaffen. Diese waren im Prinzip ähnlich aufgebaut wie die großen Steinbüchsen, doch waren sie im Durchschnitt nur etwa 50 cm lang. Im Normalfall wurden sie auf einem langen Stab angebracht, den der Schütze in den Boden rammte und/oder mit einem Haken am Geschützstand fixierte (Abb. 10). Der Einsatz im Kampf dürfte freilich nicht sehr effizient gewesen sein. Die Reichweite der Munition betrug zwischen 30 und 50 Metern, doch traf man den heranrückenden Feind nicht, so blieb bis zu dessen Eintreffen nicht mehr genug Zeit zum Nachladen.

5) Die abendländische Gesellschaft des Abendlandes und ihre Prägung durch die neuen Technologien – einige allgemeine Überlegungen

Ich möchte auf der Basis der drei behandelten technologischen Errungenschaften nochmals auf meine eingangs gestellten Fragen zurückkommen:

1) Wäre die Entdeckung – oder besser die Eroberung – der Neuen Welt denkbar ohne den Kompass und andere Navigationsgeräte für die Hochseeschifffahrt?

Es war mit Sicherheit nicht allein der Kompass, der den Beginn der Hochseeschifffahrt ermöglichte, eher noch das Astrolab sowie die im 15. und 16. Jahrhundert aufkommenden Quadranten und Sextanten. Im 14. und 15. Jahrhundert erlebte auch die Kartografie einen

entscheidenden Fortschritt, nicht zuletzt unter Verwendung nautischer Instrumente. Auf so genannten Portulankarten wurden Küstenverläufe in oft erstaunlicher Präzision aufgezeichnet (Abb. 11). In den ersten Beispielen vom Beginn des 14. Jahrhunderts vermischten sich zwar noch Realität und Fiktion – analog zu den sonst gebräuchlichen Landkarten –, doch schon bald erlangten sie eine hohe Zuverlässigkeit und wurden somit zum unverzichtbaren Hilfsmittel eines jeden Seefahrers. Aufbauend auf der seit der Antike üblichen Küstenschiffahrt wagte man sich mit Hilfe der Portulankarten und nautischen Instrumente immer mehr auch auf den offenen Ozean.

Im Schiffsbau wurden traditionelle Typen wie die Kogge, ein schwer beladbares, aber nur eingeschränkt hochseetaugliches Handelsschiff, auch im Mittelmeerraum heimisch; für das Jahr 1304 wird es erstmals vom Florentiner Chronisten Giovanni Villani bezeugt. Dieses Handelsschiff mit einem fest eingebauten Deck und einem Steuerruder am Heck war zunächst vor allem im Bereich der Hanse in Nord- und Nordwesteuropa verbreitet. Im 15. Jahrhundert kam zudem die Karavelle auf, benannt nach dem „Kraweel“, der holländischen Bezeichnung für einen charakteristischen großen Schiffsnagel zur Verbindung der Planken. Dieser Schiffstyp war weniger für den Transport großer Frachtmengen geeignet, doch zeichnete er sich in seiner Weiterentwicklung, der so genannten Pierre, vor allem durch die Verwendung dreier Masten und die Aufteilung des Segelwerks aus. Durch das Großsegel am mittleren Mast konnte der Wind optimal genutzt werden, während das Beisegel am Besanmast stabilisierend wirkte und das Focksegel das „Stampfen“ über die Wellen neutralisierte. Zudem war eine deutlich kleinere Besatzung vonnöten als bei größeren Schiffstypen. Bei allen Schiffstypen ging es darum, ein möglichst optimales Verhältnis von Ladekapazität, Geschwindigkeit, Rentabilität und Sicherheit zu erreichen, lauter Komponenten, die sich weitgehend widersprachen, doch bei der zur Pierre weiterentwickelten Karavelle weitgehend optimiert waren.

In der Seefahrerschule des portugiesischen Infanten Heinrich des Seefahrers wurden viele der Innovationen in der Seefahrt erstmals zusammengetragen, gelehrt und für die Expansion Portugals entlang der westafrikanischen Küste dienstbar gemacht. Andere Seefahrernationen folgten rasch mit ähnlichen Unternehmungen. Der Kompass nahm unter den technischen Neuerungen mit Sicherheit eine wichtige Rolle ein, allein verantwortlich für die Entwicklung der Seefahrt über die Ozeane und damit für die Eroberung der Welt war er aber mit Sicherheit nicht.

2) Wäre die Reformation Martin Luthers und anderer möglich gewesen ohne die rasche und weite Verbreitung ihrer Gedanken mittels Buchdruck auf Papier?

Besonders seit dem 14. Jahrhundert nahm die Schriftlichkeit im abendländischen Europa explosionsartig in allen Bereichen zu, ob in der Verwaltung, auf den Universitäten oder im Handel. Allein das billige und dennoch recht widerstandsfähige Papier konnte diesen Bedürfnissen genügen. Pergament wurde in der Folge nur noch für wichtige Schriftstücke verwendet: für Urkunden, liturgische Handschriften und prunkvolle Sonderausfertigungen. Als Johannes Gensfleisch alias Johannes Gutenberg um 1450 den Buchdruck mit beweglichen Lettern erfand, setzte dies das Vorhandensein eines preisgünstigen Beschreib- bzw. Bedruckstoffes voraus. Selbst ein Teil seiner berühmten Bibeln, etwa die so genannte King's Copy der British Library in London (C.9.d.3,4 = IC.55, in Vollversion publiziert auf <http://www.bl.uk> unter dem Bereich Collections /Turning the pages), ist auf Papier gedruckt. Auch eine große Zahl der Frühdrucke bis 1500, der so genannten Inkunabeln, ist auf Papier und nicht mehr auf Pergament gedruckt.

Völlig unverstellbar ohne Papier und Buchdruck wäre die rasche Verbreitung Reformation Martin Luthers gewesen. Schnell erreichten seine Thesen viele Gelehrte im ganzen deutschsprachigen Raum und auch die Streitgespräche zwischen Luther und seinem katholischen Widersacher Johannes Eck aus den Jahren 1518 und 1519 wurden umgehend auf Papier gedruckt. Wohl kaum eine Neuerung aus der Übergangszeit zwischen Mittelalter und Neuzeit konnte eine derartige Dynamik in der Gesellschaft Europas entwickeln wie Papier und Buchdruck.

3) Wäre das Rittertum am Ende des Mittelalters durch mit Kanonen ausgerüstete Söldnertruppen ersetzt worden ohne die Einführung des Schießpulvers?

Die Veränderungen im Kriegswesen des späten Mittelalters lassen sich nicht auf eine kurze Formel bringen. Vielmehr vollzog sich der Übergang vom Ritterheer zu den Söldnerheeren des ausgehenden Mittelalters und der Frühneuzeit in mehreren Schritten. Zum einen hatten schon die Auseinandersetzungen zwischen Ritterheeren und leicht bewaffneten Fußsoldaten im frühen 14. Jahrhundert gezeigt, dass Ritter in jedem Fall weniger beweglich waren. So hatten die Schweizer Bauernkrieger mit ihren Armbrusten und langen Lanzen dem habsburgischen Ritterheer schon 1315 in der Schlacht von Morgarten eine vernichtende Niederlage zugefügt. Auch die Bogenschützen mit ihren durchschlagskräftigen Fernbögen, wie sie im Hundertjährigen Krieg zwischen England und Frankreich zum Einsatz kamen, setzten den Ritterheeren schwer zu.

Zum anderen gab es auch schon vor der Einführung der Feuerwaffen eine ausgeprägte Artillerie: Schon die Römer verwendeten zahlreiche Wurfmaschinen. Im späten Mittelalter waren in

erster Linie der Onager, die Mange (Abb. 12) und die Blide (Abb. 13) in Gebrauch. Man schleuderte damit nicht nur Geschosskugeln aus Stein oder Metall, sondern auch vergiftetes Material. Bei der Belagerung der Stadt Kaffa auf der Halbinsel Krim im Jahr 1345 wurden Pesttote in die Stadt geschleudert – wenn man so will, der Anfang einer Kriegsführung mit bakteriologischen Waffen. Während Onager und Mange auf die Römer zurückgehen und im Mittelalter nur in einigen Details weiterentwickelt wurden, stammt die Blide aus Ostasien. Während der Sung-Epoche (107.-13. Jahrhundert) stand sie in China nachweislich in Gebrauch, sie kam aber vermutlich schon im 7. Jahrhundert n. Chr. über die Turkvölker Zentralasiens und die Araber in den Westen; ab dem 11./12. Jahrhundert sind sie auch in Europa belegt. Im 14. Jahrhundert erfolgte in Europa der Übergang von der Ziehkraftblide zur Gegengewichtsblide, übrigens die erste bedeutende mechanische Nutzung der Kraft von Gewichten.

Sowohl mit den Wurfmaschinen als auch mit Armbrusten wurden bei Belagerungen Brandbolzen auf die Holzdächer der Städte abgeschossen. Diese Brandbolzen, von denen einige noch erhalten sind (etwa im Landesmuseum Zürich), bestanden in ihrem Kern aus 13,7 % Schwefel, 83,5 % Kaliumnitrat und 2,8 % Kohlenstoff (Holzkohle); die äußere Entzündungsschicht enthielt 88 % Schwefel, 10,4 % Kaliumnitrat und 1,6 % Kohlenstoff (Holzkohle). Somit gab es in Europa durchaus wirkungsvollere Alternativen zum Schießpulver und zu den Steinbüchsen.

Die Feuerwaffen konnten erst sehr langsam diese traditionellen ballistischen Geräte ersetzen. Kanonen erlangten im 15. Jahrhundert zwar „Serienreife“, doch dürfte ihre Effizienz eher gering gewesen sein. Der sprichwörtliche „Rohrkrepierer“ war wohl fast mehr die Regel als ein erfolgreicher Angriff. Zudem hatten die Artilleristen mit dem gewaltigen Rückstoß zu kämpfen. Auf diese Weise waren die Steinbüchsen zunächst wohl deutlich gefährlicher für den Angreifer als für den Angegriffenen. Handfeuerwaffen dürften wohl noch bis ins frühe 19. Jahrhundert ein großes Risiko für den Schützen dargestellt haben. Es ist bezeichnend, dass sich Ambroise Paré (1509/1510-1590), der Begründer der modernen Chirurgie, vor allem mit der Behandlung von Verletzungen beschäftigte, die auf die immer häufiger werdenden Feuerwaffen zurückzuführen waren. Er verbesserte insbesondere die Amputationstechnik und führte Prothesen für verschiedene Körperteile ein: Hände, Beine, ja sogar Zahnprothesen. Langfristig war das Schießpulver mit Sicherheit für entscheidende Umwälzungen in der Kriegsführung verantwortlich, seine Bedeutung und vor allem seine Effizienz für das ausgehende Mittelalter sollte aber nicht zu hoch angesetzt werden.

6) Resümee

Von den drei behandelten Beispielen übte wohl nur das Papier schon im späten Mittelalter einen entscheidenden Einfluss auf die Gesellschaft aus. Weder die Explosion an Schriftlichkeit in Verwaltung, Bildung und Wirtschaft wäre ohne den billigen Beschreibstoff Papier denkbar noch der Buchdruck und der Aufschwung der Publizistik im Zuge der Reformation. Der Kompass wiederum begünstigte mit Sicherheit die Seefahrt über das offene Meer, doch waren dazu auch andere technische Neuerungen, etwa im Schiffsbau, nötig. Das Schießpulver und die Feuerwaffen mögen im ausgehenden Mittelalter zwar mitunter eine psychologische Wirkung gehabt haben; es dauerte aber bis in die Frühneuzeit, bis die Feuerwaffen wirklich kriegsentscheidend wurden. Der spanischen Eroberer Hernando Cortés jedenfalls wurde von den Azteken durch seine Feuerwaffen (gemeinsam mit den bis dahin in Amerika unbekanntem Pferden) als Inkarnation des Gottes Quetzalcoatl angesehen – Feuerwaffen machten also zumindest göttlich.

7) Literatur

Erich Gabriel, Artikel Pulver und Pulverwaffe. In: Lexikon des Mittelalters 7. München/Zürich: LexMA Verlag 1995, Sp. 327 f.

Uwe Granzow, Quadrant, Kompass und Chronometer. Technische Implikationen des euro-asiatischen Seehandels von 1500 bis 1800 (Beiträge zur Kolonial- und Überseegegeschichte 36). Stuttgart: Franz Steiner Verlag 1986, dort S. 272-309 zu den technischen Innovationen in der Seefahrt.

G. Jüttner, Artikel Schwarz, Berthold. In: Lexikon des Mittelalters 7. München/Zürich: LexMA Verlag 1995, Sp. 1619 f.

Karl-Heinz Ludwig/Volker Schmidtchen, Metalle und Macht, 1000-1600 (Propyläen Technikgeschichte 2). Berlin: Propyläen Verlag 1992, dort S. 62-64 zum Kompass, 312-348 zu Feuerwaffen, 549-564 zu astronomischen Messgeräten

Michel Mollat du Jourdin, Europa und das Meer (Europa bauen). München: C. H. Beck 1993 dort S. 116-124 zu Schiffstypen, 124 f. zu Kompass, 83 f. und 125 f. zu Portulankarten

Wilhelm Sandermann, Die Kulturgeschichte des Papiers. Berlin/Heidelberg/New York/London/Paris/Tokyo: Springer Verlag 1988 (2. Auflage 1992 unter dem Titel „Papier. Eine spannende Kulturgeschichte), dort S. 43-56 zu China, 57-60 zu den Arabern, 115-137 zu Europa im Spätmittelalter und in der Frühneuzeit

Leo Santifaller, Beiträge zur Geschichte der Beschreibstoffe im Mittelalter. Mit besonderer Berücksichtigung der päpstlichen Kanzlei (Mitteilungen des Instituts für Österreichische Geschichtsforschung, Ergänzungsband 16). Graz/Köln: Böhlau Verlag 1953, dort S. 116-152 zur Papiergeschichte

Volker Schmidtchen, Kriegswesen im späten Mittelalter. Technik, Taktik, Theorie. Weinheim: VCH. Acta Humaniora 1990, dort S. 157-165 zu Wurfgeschossen, besonders 161 zur Herkunft der Blide, S. 193-210 zu den Feuerwaffen

Uwe Schnall, Artikel Kompaß. In: Lexikon des Mittelalters 5. München/Zürich: Artemis Verlag 1991, Sp. 1292 f.

Wilfried Seipel, Mensch und Kosmos. OÖ. Landesausstellung Linz 1990, 2 Bände (Kataloge des OÖ. Landesmuseums, N. F. 33). Linz 1990, dort Bd. 2, S. 20-33 zu Astrolabien (mit zahlreichen Abbildungen)

Peter F. Tschudin, Grundzüge der Papiergeschichte (Bibliothek des Buchwesens 12). Stuttgart: Verlag Anton Hiersemann 2002, dort S. 53-137 zur Geschichte des Papiers von den Chinesen bis zum frühneuzeitlichen Europa