



Zahnrad und Feder, Gewicht und Foliot

Die Vorgeschichte der Taschenuhr

Angeblich waren es nur vier „Erfindungen“, die zwischen 1300 und 1450 Europas Weg zur weltbeherrschenden Position in der Neuzeit ebneten: der Kompass, die Druckerpresse, die Feuerwaffe und die Räderuhr. Erst der Kompass machte die Orientierung auf hoher, küstenferner See möglich. Erst mit Gutenbergs Druckerpresse kam Information schnell, billig und massenhaft unters Volk, und die Feuerwaffentechnologie veränderte Kriegsführung und damit Kriterien der Machtpolitik fundamental. Und um die Räderuhr geht es im vorliegenden Band.

Über solche plakative Fortschrittstheorien lässt sich ebenso gut streiten wie über die tatsächliche Herkunft mancher dieser Errungenschaften aus dem fernerer Osten. Gleichwohl stehen sie als „Werkzeuge“ zumindest symbolisch für große technikbedingte und technikbegleitete Prozesse hin zur Moderne, für Globalisierung des Handels, Popularisierung des Wissens, Kapitalisierung des Kriegs und schließlich für die mehr und mehr kontrollierte, öffentliche und private Lebensorganisation nach Stunden, Minuten und Sekunden.

Die sogenannte Henlein-Uhr (Kat. 1) des Germanischen Nationalmuseums besaß – und verlor – unter technikgeschichtlichen Gesichtspunkten immer wieder das Potenzial, Symbol für einen wichtigen Zwischenschritt hin zu diesem modernen Zeitmanagement zu sein. Sie markiert jenen Entwicklungsmoment, in dem ortsfeste, öffentliche, kirchlich oder obrigkeitlich kontrollierte Zeitmesser – sprechen wir der Einfachheit halber von „Turmuhr“ (vgl. Kat. 34, 36–40) – eine Konkurrenz bekamen: die private, mobile, individuell konsumierbare und benutzbare Kleinuhr, oder anschaulich die „Taschenuhr“. Über diesen Erfindungsmoment der Taschenuhr sind ganze Spielfilme gedreht worden (Kat. 72–76). Historisch fassen können wir ihn um 1500 jedoch genausowenig wie den älteren, dramatischeren Augenblick um 1300, in dem die Turmuhr erfunden wurde.

Die mechanische Räderuhr. Erste Nachrichten

Fest steht lediglich der Prozess. Federgetriebene Kleinuhren wie die Henlein-Uhr waren keine Erfindungen aus dem Nichts, sondern eine Fortentwicklung gewichtsgetriebener Uhren, weithin bekannt als mechanische Räderuhren. Gewichtsgetriebene mechanische Räderuhren mit Waaghemmung, wie die technische

Bezeichnung exakt lauten müsste, stellen seit dem späten 13. Jahrhundert die eigentliche technische Revolution hin zur immer präziseren Zeitmessung dar. Unabhängig vom unsteten Tageslicht, auf das Sonnenuhren als Elementaruhren angewiesen sind (Kat. 52, 53), abhängig lediglich von der viel verlässlicheren Naturkraft Gravitation, die ihre Gewichte zieht, maßen sie nun die Stunden.

Ein Erfinder der Räderuhr ist nicht bekannt. Ebenso ungewiss ist, ob ihre Entwicklung überhaupt eine Individualleistung war, oder sie nicht auf Basis verschiedener Vorstufen und Bemühungen an unterschiedlichen Orten ganz allmählich zustande kam. So berichtet schon die älteste Quelle über das vergebliche, aber gemeinsame Ansinnen, eine solche Uhr zur Anzeige der Stunden mittels Rädern zu entwickeln. Im Plural ist darin von mehreren „artifices horologiorum“ die Rede, die an einem solchen Projekt arbeiten würden. Beiläufig, aber technikgeschichtlich von höchster Bedeutung, notiert dies 1271 ein Robert, genannt Anglicus – der „Engländer“ – in seinem Kommentarband zum Astronomietraktat des Johannes de Scarobosco (1195 – 1256). Anglicus vermerkt in einer Randnotiz aktuelle Bestrebungen jener „kunstreichen Uhrmacher“, ein Gerät mit einer „Scheibe“, wohl einem Zifferblatt, zu entwickeln, die sich genauso exakt



1 · Turmuhr
aus Marschlins,
um 1570/1620,
Kat. 34

und dauerhaft im Kreise drehen müsste wie der astronomische Lauf der Gestirne am Firmament. Von Bleigewichten angetrieben, könnte sich eine solche Scheibe zwischen zwei Sonnenaufgängen exakt 359 Grad um sich selbst drehen, also um lediglich einen Bogengrad abweichen, da diese Abweichung zum Zeitpunkt der Tag-Und-Nacht-Gleiche der täglichen Varianz des Sonnenlaufs entspräche. Den Rand der geplanten Scheibe, so Robertus Anglicus weiter, könne man mit einer Skala in 24-Stunden-Abschnitte unterteilen, wie es den astronomischen Stunden entspräche, und fertig wäre die perfekte Uhr. Aber, so schränkt Anglicus ein, noch bräuchten die Uhrmacher einen solchen präzisen Zeitmesser nicht zustande.

Dieser früheste Hinweis auf die Vision einer modernen Räderuhr war 1271 bereits von überregionaler Dimension, einen gesicherten Erfindungsort der Uhr gibt es ebenso wenig wie den einen Erfinder. Niedergeschrieben wurde die Notiz im südfranzösischen Montpellier in einem Buch über einen Pariser Astronomie-Klassiker und von einem Autor, der Engländer war. Roberts Uhrenbegeisterung wird einige Jahrzehnte später ein italienischer, viel berühmterer Autor teilen. Dante Alighieri setzt um 1320 das Motiv der schlagenden Räderuhr bereits allegorisch ein:

Wie, wohlgefügt, der Uhren Räder tun -
 In voller Eil' zu Fliegen scheint das letzte,
 Das erste scheint, wenn man's beschaut, zu ruhn

Göttliche Komödie, Paradies. 10, 139 ff.

Und Dantes „literarische“ Uhr hatte auch schon einen Wecker: „Tin Tin sonando con si dolce nota“, mit dem süßen Schlag „Tin Tin“ gebe sie die Zeit an, so wenige Zeilen später.

Wie funktionierte nun so eine frühe, gewichtsgetriebene Räderuhr, sei sie ein kubikmetergroßes Räderuhrwerk für Kathedrale oder Dorfkirche (zum Typ vgl. Kat. 34, Abb. 1), oder eine eher kleine Konsol- oder Flachrahmenuhr für die Wand? Die sogenannte „Schlaguhr von Sankt Sebald“ (Kat. 37, Abb. 2, 3; vgl. auch Kat. 38, 39, Abb. 4, 5), die dem Türmer der Nürnberger Sebalduskirche als Alarm-Uhr für das Glockensignal gedient haben soll, hält seit über einem Jahrhundert in der Uhrenliteratur für die Erläuterung dieses Funktionsprinzips her. Sie kann auch hier diesen Zweck erfüllen.



2 · Sebaldur Schlaguhr, 14./15. Jh.,
 Kat. 37

Die Funktionsweise der spätmittelalterlichen Räderuhr

Beim ersten, ordnenden Blick auf ein historisches Räderuhrwerk gilt es in der Regel drei Bauteilgruppen zu unterscheiden (Abb. 3):

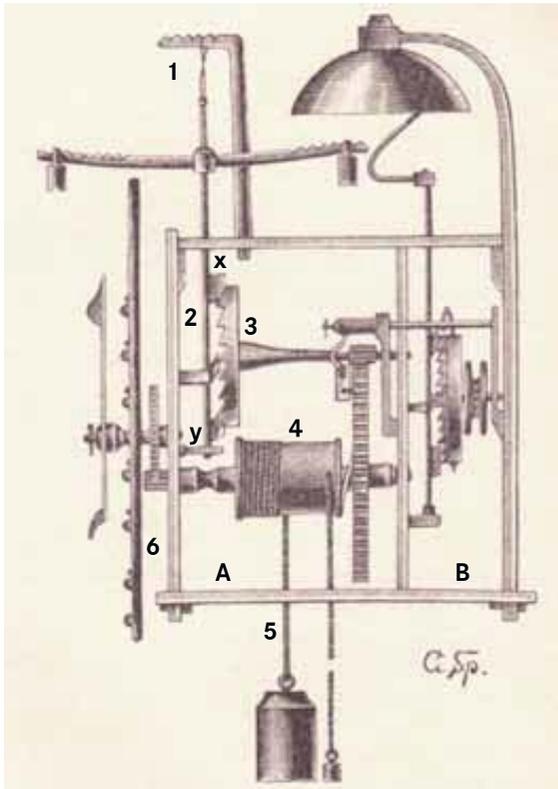
- das *Gestell* oder Werksgestell, das keine beweglichen Teile hat, sondern ähnlich einem Fachwerk oder Dachstuhl bei einem Gebäude die Uhr zusammenhält.

Werksgestelle von Wanduhren bestehen aus vertikalen Pfeilern und dazwischen liegenden horizontalen Verstrebrungen und Lagerarmen, die der Versteifung und genauen Positionierung von Lagerpunkten des Räderwerks dienen. Bei massiven oder durchbrochenen („skelettierten“) Ober- und Unterseiten spricht man von Platten oder Platinen.

- das, hier vordere, *Gehwerk* (A) und
- das im Werksgestell immer getrennte, hier hintere *Schlagwerk* (B) – nach Abb. 3 nummeriert.

Das Gehwerk (A) reguliert die optische Zeitanzeige auf dem Zifferblatt (6), das Schlagwerk (B) hingegen, dessen Funktion an dieser Stelle zu vernachlässigen ist, dient der zusätzlichen, akustischen Zeitanzeige mittels Glockenschlag.

Das Gehwerk wird angetrieben von einem Gewichtszug (5), der eine Walze (4) zum schnellen Abdrehen bringen würde, wenn nicht die Hemmung (1, 2) diesen unkontrollierten Radablauf in eine möglichst stetige, langsame und lang anhaltende Bewegung verwandeln würde. Dazu wird das Drehmoment der Walzenachse über das große Walzenzahnrad auf das markant gezahnte Hemmrad (3) übertragen. In die Zähne dieses Hemmrades greifen zwei kleine „Lappen“ (x, y) ein, die es am Ablauf hindern. Diese Spindellappen sind fest mit einer vertikalen Welle, der Spindelwelle (2)



3 · Funktionsschema einer frühen Räderuhr

- A Gehwerk mit Waag-Unrast, Spindelhemmung, Räderwerk, Gewichtszug und Zifferblatt samt Zeiger
 B Schlagwerk zur Alarmgebung mittels Glockenschlag

Bauteile des Gehwerks:

- 1 Waag-Unrast, „Foliot“ zur Gangreglung
- 2 Spindelwelle mit Spindellappen (x, y) zur Hemmung
- 3 Hemmrad mit Trieb
- 4 rechts Walzenrad, mittig Walze, links Walzenradtrieb
- 5 Gewichtszug zum Antrieb
- 6 Stundenrad, Stundenzeiger und Zifferblatt zur Zeitanzeige



4 · Würzburger Turmwächteruhr,
15. bis 17. Jh. (?), Kat. 38



5 · Hannoveraner Turmwächteruhr,
um 1400 (?), Kat. 39

verbunden, die beweglich gelagert ist: Zunächst greift Lappen x in einen der Hemmradzähne ein, an dem ja der Gewichtszug anliegt. Der Zug verdreht dabei den Lappen samt Spindelwelle ein wenig nach links. Nach kurzer Drehung wird der Lappen frei gegeben, das Hemmrad möchte sich schnell weiterdrehen, doch inzwischen hat sich Lappen y unten mit dem gegenüberliegenden Hemmradzahn verkantet und zwingt die Spindel in entgegengesetzte Richtung zu schwingen. Nach Freigabe von y ist wiederum Lappen x oben mit dem Hemmen an der Reihe, und so fort. Das Hin-und-Her-Schwingen der Spindel (2), genauer Antriebsmoment, Trägheitsmoment und Rückstellmoment sind es also, die den spontanen Gewichtsablauf verlangsamen und verstetigen. Man spricht hierbei von Spindelhemmung. Um die Pendelfrequenz der an sich leichten Stäbchenspindel zu verlangsamen, erhält sie zusätzlich Masse durch die oben angebrachte „Waag“, auch Waagbalken oder international das „Foliot“, französisch für „zitterndes Blatt“ (1). Die Waag schwingt mit der Spindel als Mittelachse stetig nach links und nach rechts, sie lässt mit verschiebbaren Gewichten an den Seiten eine Regulierung der Spindelschwingung und damit des Gehwerks zu.

Die Schwingfrequenz einer solchen frühen Räderuhr mit Balkenwaag liegt übrigens bei überraschend niedrigen circa zwei Sekunden je Schwingung, ist also sehr langsam. Ihre scherzhaft-sexistische Fachbezeichnung als „Frouwen Gemuete“, also Frauengemüt, das ebenso wankelmütig hin und her schwingt wie die Waag-Unrast, ist bereits für 1385 in einer Schweizer Quelle überliefert.

Vom Pochen zum Ticken? Eine Erfindungsphantasie

Erliegt man der Versuchung, trotz aller Warnungen vor historisch fiktiven „weltgeschichtlichen Augenblicken“ und „Sternstunden der Menschheit“ den Erfindungsmoment der Räderuhr zu imaginieren, so könnte er sich in einer Wassermühle zugetragen haben. Die unbekannte Mühle arbeitete Mitte des 13. Jahrhunderts irgendwo in Europa, vielleicht in Norditalien. Und es war keine Mahlmühle, bei der die Drehbewegung des Mühlrads auf einen Mühlstein übertragen wird, sondern eine der um das Jahr 1000 entwickelten Pochmühlen mit Nockenwelle, die vor allem in der Textilindustrie beim Walken zum Einsatz kamen (Abb. 6). Zapfen

oder Nocken, fachsprachlich „Daumen“, die an der sich drehenden Welle montiert sind, heben in Pochmühlen in gleichmäßigem Auf und Ab an Gelenkarmen montierte Stampfer oder Hämmer und wandeln die Drehbewegung in eine Lineare um.

Der fragliche Moment nun, um den es sich handeln könnte und den die Historiografie nie wird genau herausfinden können, mag in einer akustischen Erfahrung bestanden haben. Denn die Pochmühle brachte in Arbeits- und Alltagswelt das akustische Phänomen vollkommen gleichmäßigen und dauerhaften Zerteilens der Zeit in gleichlange Takt-Signale ein. Ist einem – auf ewig anonymen – Erfinder in jenem Tack-Tack-Tack-Tack eines Pochmühlenwerks die Idee zur Anwendung auf die mechanische Zeitmessung gekommen? Getriebetechnisch ist die oben beschriebene Radhemmung mit Spindel, dem Kernbauteil der Räderuhr, nichts anderes als das hemmende und verstetigende Zusammenspiel von Mühlradwelle, bremsender Nockenwelle und signalgebendem Hammer.

Zeitlich könnte sich ein solcher Technologietransfer aus der Mühle in die Uhr im vorgerückten 13. Jahrhundert vollzogen haben. Mühlentechnik wäre somit für die Uhrentechnik vorbereitendes technologisches Grundwissen gewesen: „Mühle und Uhr prägten als grundlegende Maschinerien die vorindustrielle Periode“ (Günter Bayerl). Die Mühle befreit zwar von Handarbeit, worauf die Uhr aber wieder ihre Taktung intensivierte und kontrollierte.

Lit.: Zu Mühlen und im Besonderen zur Nockenwelle: Bayerl 2013; Stromer 1988, S. 136–138 | zu anderen hypothetischen Erfindungsumständen der Räderuhr mit mechanischer Hemmung, z.B. aus älteren Glockenschlagrepetierwerken noch ohne Gehwerk: Dohrn-van Rossum 1992, S. 102–103.



6 · Walkmühle mit Nockenwelle.
Illustration aus Böckler 1673, Taf. 72

Die Verbreitung der Räderuhr

Manifest wurde die Räderuhrentechnologie zunächst weniger in Wanduhren auf Konsolen oder in Türmeruhrwerken, wie sie zur Funktionserklärung in Abb. 3 gezeigt sind, sondern in größeren Turmuhrwerken (im Typus von Kat. 34), die als kubische Maschinen hoch unter dem Glockenstuhl von Rathaus- und Kirchtürmen standen, mit in die Tiefe des Turms ablaufenden Gewichtszügen.

Historisch rahmen die Eckdaten des 14. Jahrhunderts die Quellen zu ihrem Aufkommen und ihrer Verbreitung ziemlich genau ein: Zu Jahrhundertbeginn ist erst allmählich und lediglich literarisch von der neuen technischen Errungenschaft die Rede. Zum Jahrhundertende schließlich waren öffentliche Räderuhren als Türmer- oder Schlaguhren in vielen Großstädten installiert. Von Beginn an ist es eine europäische Entwicklung gewesen, mit Zentren in Oberitalien, im südlichen England und in Frankreich, wo seit etwa 1330 gleichzeitig immer mehr Räderuhren und Kunstuhren gebaut und betrieben wurden. Dabei geht die Verbreitung auf kommunale Initiativen ebenso zurück wie auf fürstliche Veranlassung. Mehr als die Höfe sind es die großen Städte wie Mailand (1335/36), Parma (1336), Padua (1337/44), Genua (1353) und Bologna (1356), die die Entwicklung mit einigen Jahren Vorsprung in Oberitalien beginnen lassen. Mit kleiner Verzögerung reihen sich nördlich der Alpen, im deutschen Sprachraum, die Jahresangaben über erste Schlaguhren wie an einer Perlschnur aneinander: Erste Nachrichten über Räderuhren in Rathäusern und Kirchen liegen vor für Frankfurt (vor 1348?), Straßburg (1352/54), Nürnberg (1355), Regensburg (vor 1359), Breslau (vor 1367), Augsburg (vor 1369), Köln (vor 1372) und Hamburg (1382–1384). Die französischen, niederländischen und englischen Städte und Klöster standen nicht nach, sondern machten sich eher mit Italien den Rang als erste Verbreitungszentren streitig: Cambrai (umstritten bereits 1308), St. Albans bei London (1332), Cluny (1340), Brügge (vor 1344/45), Avignon (1353), Brüssel (vor 1362), Paris (1362–70), Gent (1370–78), Oxford (vor 1385) oder Rouen (1396).

Chronologisch reiht sich in dieses quellenbasierte Städte-Ranking eine Briefstelle Francesco Petrarcas von 1353 ein, wonach die öffentliche Schlaguhr – „*horologium publicum*“ – erst vor kurzem – „*ultimo invento*“ – erfunden worden sei. Einen Zankapfel wirft Petrarca mit einer weiteren Behauptung in den Ring der Technikgeschichte, nämlich dass diese Invention in der „*Gallia Cisalpina*“, also in Norditalien getätigt worden sei. Bis hin zum Henlein-Streit der Gegenwart werden solche Fragen der nationalen Ehre unter den Uhrenerfindungen die Historiker umtreiben, nicht zuletzt entlang der tatsächlichen oder fiktiven Kulturgrenze Deutschland–Italien (vgl. Kat. 83–85).

Auch konkrete Uhrmacher erlangten bereits Mitte des 14. Jahrhunderts individuell Bekanntheit, sind gewissermaßen Vorgänger Peter Henleins im Reigen der tatsächlichen oder fiktiven Uhrenerfindergenies. Drei Pioniere brachten es namentlich zu besonderem Ruhm, ein Engländer, ein Italiener und ein Niederländer.

Die früheste und leider auch vergänglichste war die astronomische Uhr des Richard von Wallingford. Der Sohn eines Schmieds hatte eine steile Karriere gemacht und war seit 1326 Abt des Klosters St. Albans bei London, der reichsten Abtei ganz Englands. Der biografisch mit dem Schmieden vertraute Wallingford legte 1327 einen „Tractatus Horologii Astronomici“ vor, worin eine komplizierte, von ihm konstruierte Räderuhr beschrieben ist. Es war eine „Kunstuhr“, wie man sie fortan zur Unterscheidung aufwendiger, oft nur auf dem Papier konstruierter Spezialuhren von gewöhnlichen Räderuhren nennen sollte. Fertiggestellt wurde die Wallingford-Uhr mit ihrer Reihe astronomischer Komplikationen erst Jahrzehnte nach dem Tod des Abts. Schon im 16. Jahrhundert geriet sie in Vergessenheit.

Ähnlich erging es der Kunstuhr eines Italieners. Sie entstand in den Jahren von 1348 bis 1364, kurz nach der Wallingford-Uhr, im oberitalienischen Wissenschaftszentrum Padua, an dessen Universität sie der Mediziner und Uhreningenieur Giovanni de Dondi konstruierte und mit dem schönen, an antike Wundermaschinen angelehnten Namen „Astrarium“ – Sternenanzeiger – betitelte. Auch wenn heute nur noch in Zeichnungen Dondis überliefert – das Original hielt nur bis zum 17. Jahrhundert –, war sein Astrarium mit den Anzeigen diverser Gestirnläufe die berühmteste Uhr aus der Frühzeit der Uhrmacherei. Noch Leonardo da Vinci (1452–1519) wird im folgenden Jahrhundert zeichnerische Studien am Astrarium betreiben, das eher ein Planetarium als ein gewöhnliches Zeitmessinstrument gewesen ist.

In der Uhrenliteratur schließlich viel genannt, aber biografisch nicht weiter fassbar, fertigte zwischen 1362 und 1370 ein laut Quelle „deutscher“ Niederländer namens Henri de Vic, auch bekannt als Heinrich von Wyk, dem französischen König Karl V. eine Uhr für das Zentrum königlich-französischer Macht, den Palais Royal auf der Pariser Île de la Cité. In Heinrich von Wyk personalisiert sich somit früher deutsch-französischer Technologietransfer. Die Überlieferung seines Namens verdanken wir dem französischen Schriftsteller und Historiker Jean Froissart (1337–1405), bei dem erneut jene literarische Strahlkraft der neuen Erfindung Räderuhr zu Tage trat, die schon auf Dante (1265–1321) gewirkt hatte. 1368 zog Froissart in seinem allegorischen, über tausend Verse langen Gedicht „L'Orloge amoureux“ (Die Liebesuhr) zur Ehre der Uhr und der Liebe einen langen Vergleich zwischen einem perfekten Uhrwerk und einem glücklichen Liebespaar.

Lit.: Zum Erfindungskanon im Spätmittelalter und Petrarca-Stelle: Dohrn-van Rossum 2005 | zu von Wyk/Froissart: Maurice 1976, S. 8–9; Singer 2005 | allgemein zu frühen europäischen Räderuhren, geografischer Verbreitung und ersten Uhrmachern: Zinner 1939, S. 26–56; Thorndike 1941; Lloyd 1958, S. 1–32; Edwardes 1965; Dohrn-van Rossum 1992; Flechon 2011, S. 119–171.

Kommunales Zeitmanagement um 1500: Die vier Nürnberger Türme

„Auf den Stadtmauern sind Leute postiert, um über die Stadt zu wachen. Sie grüßen und empfangen mit lautem Hörnerklang und anhaltendem Trompetengeschmetter sich nähernde Fremde und auch die Sonne, wenn sie aufgeht. Neigt sich aber der Tag, dann geben sie ihm nach einem alten, geheiligten Brauch mit ihrer Musik das Geleit. Außerdem gibt es einen Nachtwächter, der die Stunden ausruft und an bestimmten Stellen der Stadt, so wie es jene auf den Türmen tun, die einzelnen Nachtwachen anzeigt. Die Stunden des Tages und der

Nacht, das heißt das Verhältnis von Helle und Dunkelheit, werden entsprechend der jahreszeitlich bedingten Abweichung der Sonne von ihrer mittleren Bahn und ihrem Verbleib über dem Horizont sowie durch die Beobachtung ihres Auf- und Untergangs unterschiedlich bemessen. Die einzelnen Stunden sind in Viertel unterteilt und werden für die vier Regionen der Stadt von vier hohen Türmen aus der Reihe nach durch einen Glockenschlag angezeigt. So sorgsam gehen diese hochbeglück-

ten Bürger mit ihrer Zeit um, mit der zu geizen die ehrenvollste Art von Geiz und die zu verschwenden der schwerste Verlust ist.“

Text und Illustrationen aus Konrad Celtis: Norimberga, 1502, zit. nach Celtis/Fink 2000, S. 33, vgl. Kat. 36.



7 · Ansicht der Stadt Nürnberg. Illustration aus Konrad Celtis: Norimberga, 1502, Frontispiz



7a · Weißer Turm



7b · St. Lorenz



7c · St. Sebald



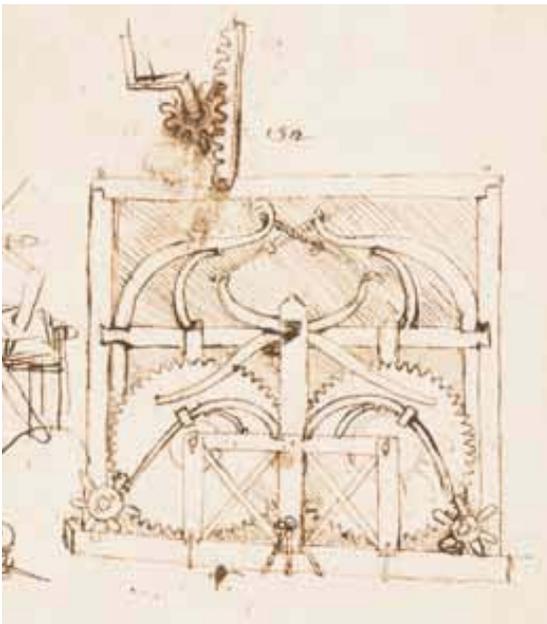
7d · Laufer Schlagturm

Fortschritt Federzug

Simple Konsoluhr, große Turmuhr oder komplexes Astrarium – alle frühen Räderuhren hatten einen empfindlichen Nachteil: Sie waren immobil. Ihre langen, stets senkrecht zu führenden Gewichte – die unverzichtbare Kraftquelle dieser Gewichtsuhrn – machten ihren Transport bei gleichzeitigem korrektem „Weiterlaufen“ unmöglich. Für ihren stationären Gebrauch als Alarmgeber im städtischen Alltag oder Forschungsmodell an einer Universität war das ohne Belang. Eine Nutzergruppe hingegen war sowohl auf Mobilität angewiesen wie auch auf Luxus und Status, der sich mit dem Besitz moderner Räderuhren verband: der reisende Fürst und Regent. So ist es nur folgerichtig, dass die Könige von Frankreich bereits 1377 eine „orloge portative“ besaßen und seit 1387 einen eigenen „Uhrträger“ an ihrem Hof beschäftigten. Mangels konkreter Bilder dieses seltsamen Hofamts darf man sich einen Bediensteten vorstellen, der im Wortlaut eine Gewichtsuhr sorgfältig in der Senkrechten haltend mit dem reisenden Hofstaat übers Land trug.

Doch was konnte der mangelhaften Transportfähigkeit solcher luxuriösen höfischen Uhren Abhilfe schaffen? Gab es für eine Uhr-Zum-Mitnehmen eine Alternative zum Gewichtsantrieb? Naheliegender war die Federkraft. Auf dem Federprinzip beruhen seit der Urgeschichte unzählige Bauteile, Werkzeuge, Instrumente und Apparate, von Wehrtechnischem wie Bogen und Armbrust bis zur Erschütterungsdämpfung im Fahrzeugbau. Das hoch- und spätmittelalterliche Handwerk wusste mit der federbetriebenen Wippdrehbank erstmals effizient zu drehen, drücken und

zu dreheln und sägte erstmals mit federgeführten Gattersägen Bretter in Serie. Künstleringenieure wie Leonardo da Vinci haben mit Biegefedern in zahllosen Apparaten und Maschinen experimentiert (Kat. 30, Abb. 8). In der Waffentechnologie automatisierten federgetriebene Radschlösser die Zündung (Kat. 32, Abb. 9), was schließlich erst den schnellen Schuss erlaubte. Im Bau von Sicherheitsschlössern hatte bereits ein Jahrhundert vorher ein neuer Federtyp Verwendung gefunden, der gegenüber der Blattfeder mit ihrem relativ kurzen Federweg lange



8 · Leonardo da Vinci: Biegefedern in einem Zahnradgetriebe, um 1480/1518 (Faksimile 1973/75), Bd. 9, f. 812r, Kat. 30

Federzugstrecken und damit lange anhaltende Bewegungen erlaubte: die Spiralfeder. Sie besteht aus einem zur Spirale gewundenen Metallband, das zwischen voll gespanntem und entspanntem Zustand bei Kraftübertrag auf eine gerade Schiene oder Zahnstange beträchtliche Bewegungstrecken möglich macht und trotzdem kaum Gehäuseplatz verbraucht.

Im Schlosserhandwerk, also im engen Sinn der Herstellung von Tür-, Vorhänge- oder Sicherheitsschlössern, bestand für Riegelbewegungen, Rückstellungen und Zuhaltungen ein großer Bedarf an langen Zugstrecken. Spiralfedern waren dafür ideal geeignet. Der Jahrhundertwechsel um 1400 gilt als ihr ungefähre Einführungszeitpunkt. Es muss unmittelbar danach gewesen sein, als einem unbekanntem Uhrmacher die Eignung der Spiralfedertechnik auch als Kraftspeicher für Räderuhrwerke in den Sinn kam. Ließen sich mit Spiralfedern die lästigen Gewichte ersetzen? Das Prinzip hatte einen Haken, denn die Federkraft hat verglichen mit dem Gewichtszug einen großen Nachteil. Ihre Zugkraft nimmt bei fortschreitender Entspannung der Feder ab. Ein federgezogenes Uhrwerk würde zunächst schnell, dann immer langsamer gehen.

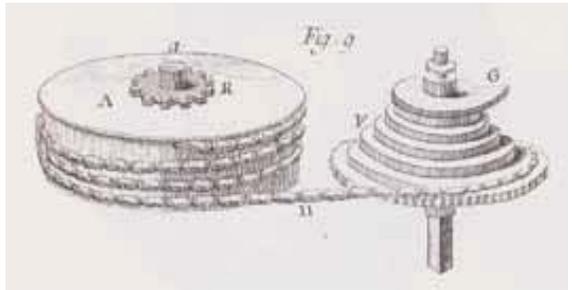
Um ein konstantes Kraft-Weg-Verhältnis zwischen der Feder und den anschließenden, anzutreibenden Teilen zu schaffen, bedurfte es einer Kompensation dieses Federkraftverlustes. Abhilfe schaffte die um 1430 erfundene Fusée, im Deutschen „Schnecke“ genannt (Abb. 10, 11). Die Schnecke ist zu Beginn des Kraftübertragungswegs zwischen Feder- und Räderwerk geschaltet. Sie hat die Form eines Kegelstumpfes, in den spiralförmig Führungsrillen als Nut gefeilt sind. In diesen Rillen wird eine Darmsaite, seit dem 17. Jahrhundert eine feine Gliederkette, geführt. Die Saite oder Kette wird im aufgespannten Zustand durch den Federzug von der Schnecke auf das ziehende Federhaus abgewickelt und treibt so das Räderwerk an. Bei voller Federspannung, also voll aufgewickelter Saite



9 · Frühe Radschlosspistole, um 1530/50, Kat. 32



10 · Schnecke der Henlein-Uhr, Kat. 1



11 · Bauteilgruppe Federhaus-Schnecke. Illustration aus *Encyclopédie, ou Dictionnaire raisonné des sciences etc.* 1762, Planches, „Horlogerie“



12 · Burgunderuhr, um 1435, Kat. 41

Die Burgunderuhr

Die Standuhr Herzog Philipps des Guten von Burgund (Kat. 41, Abb. 12) im Germanischen Nationalmuseum ist die kunsthistorisch bedeutendste Räderuhr des Spätmittelalters. Eine ganze Generation von Technik- und Kunsthistorikern stritt zwischen 1930 und 1980 über ihre Authentizität. Inzwischen ist sie völlig rehabilitiert, mit einem Entstehungszeitraum zwischen 1430 und 1440, der sich am Verwendungszeitraum der beiden emaillierten Wappen an der linken Uhrenseite bemisst. Dieses Wappen führte in den 1430er Jahren Herzog Philipp der Gute von Burgund (1396–1467) am seinerzeit fortschrittlichsten, aber auch verschwenderischsten Fürstenhof Europas.

Im Äußeren gibt sich das Gehäuse der Burgunderuhr nicht gleich als Zeitmessgerät zu erkennen, sieht man vom Zifferblatt ab. Vielmehr steht ein phantastisches spätgotisches Architekturcapriccio da: gesockelt, zweiachsig doppeltürmig, stark durchbrochen und reichst aus Strebebfeilern, Fialen, Maßwerk, Wimpergen, Krabben und Fischblasenbändern zusammen gesetzt. Skeptiker hat das Gebilde zu sehr an ein Reliquiar erinnert. Die Uhr geriet in Verdacht, ein ursprünglich sakrales Gerät der burgundischen Schatzkunst zu sein, das viel später in Fälschungsabsicht zu einer Uhr umgebaut wurde. Doch bereits die durchdachte Organisation von technischen und schmückenden Bestandteilen, die nahtlos ineinandergreifen, entkräftet diese Bedenken. Die Uhr ist vertikal streng symmetrisch nach Gehwerk (unter dem linken Turm) und Schlagwerk (unter dem rechten Turm) organisiert. In der Vorderansicht bleibt der Großteil ihrer Mechanik verdeckt. Sichtbar vom Räderwerk sind zwischen Zifferblatt und Baldachin lediglich die vertikalen Räder, die beim Lauf der Uhr ein reizvoll-bewegtes Moment abgegeben haben dürften. Im Sockel sind Antrieb und Regulierung verborgen: ganz unten zwei Federhäuser, achsweise eines für Geh- und Schlagwerk. Darüber, in den schindelgedeckten „Häuschen“, befinden sich die regulierenden Schnecken, deren weltweit ältester Nachweis als uhrentechnisches Bauteil in der Burgunderuhr vorliegt. Die beiden vertikalen Spindeln für Geh- und Schlagwerk schließlich verlaufen zentriert auf Achse der beiden Türmchen in säulenförmigen Hülsen nach oben, wo sich innerhalb des Baldachins jeweils die Radunrast zur Hemmung von Geh- und Schlagwerk dreht.

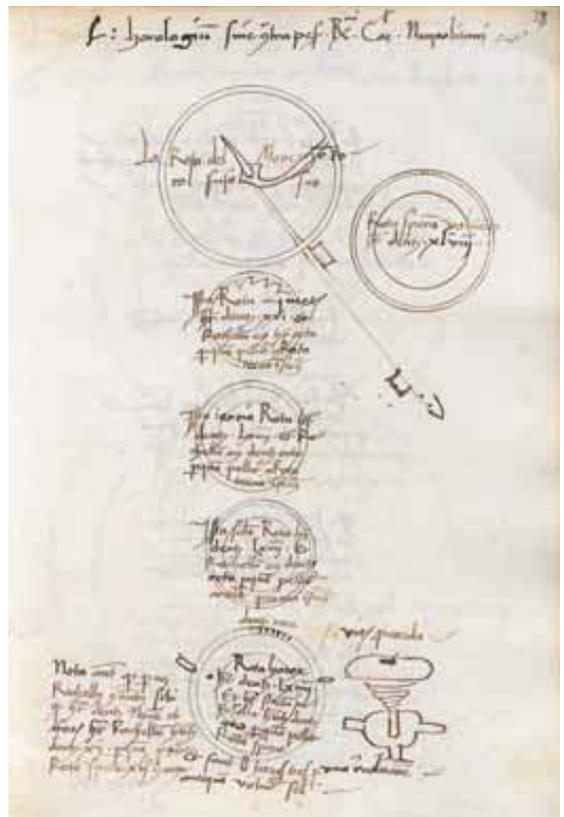
Noch mehr als ihr prachtvolles Äußeres gibt ein technikgeschichtlicher Superlativ der Uhr Bedeutung: Mit ihrem Federzug-Schnecken-System ist sie die älteste transportable Kleinuhr, die ohne Gewichtszug auskommt – in ihrer Zeitstellung ein völliger Solitär.

auf der Schnecke, beginnt das Abwickeln zunächst an der schmalen Schneckenführungsseite. Das Drehmoment ist jetzt noch groß, der Abwickelradius an der Schnecke aber ganz klein, so dass die Laufgeschwindigkeit reduziert wird. Mit Fortschreiten der Federabwicklung lässt die Zugkraft dann nach, der Wickelradius entlang der Schnecke nach unten wird aber immer größer und auf das Räderwerk der Uhr wirkt so eine konstante Kraft. Es bewegt sich gleich schnell. Am Ende ist die Saite, später die Kette, komplett auf dem Federhaus aufgewickelt und die Uhr muss neu aufgezogen werden (Abb. 11).

Dieses magische neue Bauteil, zwischen Antrieb und Räderwerk geschaltet, trug von Beginn an weniger magische Namen. „Shnegge“, also Schnecke, nennt es im 16. Jahrhundert der Wiener Uhrmacher Felix Fabian. Im Deutschen überdauert diese Bezeichnung, die sich an der Schneckenhausform orientiert, bis heute. Das lateinische Almanus-Manuskript (Kat. 29) spricht um 1475 prosaischer von „vitis pro corda“, also „Schraube für die Saite“. Almanus hat eine Schnecke auch in flüchtiger Skizze festgehalten (Abb. 13, die Schnecke rechts unten). Im Französischen heißt sie ihrer konischen Form wegen „Fusée“, also Spindel (lat. fusus), was im Englischen übernommen wurde.

In einem bis heute erhaltenen Uhrwerk finden wir die Schnecke erstmals in der sogenannten Burgunderuhr des Germanischen Nationalmuseums, die mit guten Gründen bereits in die 1430er Jahre datiert wird (Kat. 41, Abb. 12). In seinem umstrittenen, aber viel wahrgenommenen Klassiker der Technikgeschichte „Medieval Technology and Social Change“ preist der US-amerikanische Historiker Lynn Townsend White die Fusée 1962 als „device of great mechanical elegance“, nicht ohne den Doyen der englischen Uhrenliteratur Granville Hugh Baillie zu zitieren. Laut Baillie vermochte kein anderes Bauteil in der ganzen Technikgeschichte ein mechanisches Problem derart simpel zu lösen wie die Schnecke das Federzugproblem.

13 · Funktionsschema der Caraffa-Uhr mit Unrast, Spindelwelle und Schnecke. Almanus-Manuskript, Rom, um 1480/85, Kat. 29





14 · Personifikation der Weisheit. Illustration aus Heinrich Seuse: *Horologium Sapientiae*, um 1460, f. 13v



15 · Frühe Darstellung einer Tischuhr mit Schnecke, Detail aus Abb. 14

Die Zeitgenossen waren sich des technischen Riesenschritts sehr wohl bewusst. Eine französische Buchmalerei zu Heinrich Seuses (1295/97–1366) „*Horologium Sapientiae*“ (Brüssel, Bibliothèque Royale, MS IV 111; Abb. 14, 15) hält um 1460 ein Tischuhrwerk mit moderner Schnecke dominant im Bild fest. Die Illustration zeigt den Autor Seuse sinnend am Fuße einer großen Räderuhr. Rechts auf einem Beistelltisch sind mehrere Instrumente arrangiert, am größten darunter die achteckige, offensichtlich bereits gewichtslose Tischuhr, zwischen deren Platinen deutlich eine kegelförmige Schnecke hervorschaubt.

Angesichts dieses zwischen 1400 und 1470 gut dokumentierten Werdegangs von Federzug und Schnecke, der Jahrzehnte vor Peter Henleins Geburt stattfand, überrascht es immer wieder, wie fälschlich, aber hartnäckig Peter Henlein die Erfindung der Taschenuhr mit Federzug zugeschrieben wurde und wird. Wie immer ist hierfür die Sehnsucht der Geschichtsschreibung nach konkreten Erfindernamen ursächlich. Auch andere Künstleringenieure der Frührenaissance wurden deshalb namentlich mit dem Schritt vom Gewichtszug zur Feder in Verbindung gebracht – am prominentesten der Florentiner Baumeister Filippo Brunelleschi (1377–1446), der neben angeblichen Uhren auch die gewaltige Kuppel des Florentiner Doms plante. In seiner „*Vita di Filippo Brunelleschi*“, der ersten modernen Künstlerbiografie der Kunstgeschichte, berichtet der Florentiner Antonio Manetti um 1480 am Rande, Brunelleschi habe „zu eigener Unterhaltung einige Uhren und glockenschlagende Mechanismen entwickelt, angetrieben durch unterschiedliche Arten von Federn.“ Brunelleschi war jedoch bereits Jahrzehnte tot, als Manetti diese Worte niederschrieb. Zumindest hinsichtlich der Spekulationen zur „Innovation Feder“ bewegt sich Peter Henlein also im Kreis illustrier Künstlernamen.

Downsizing südlich der Alpen?

Unter den vielen Stimmen, die sich über Peter Henleins Rolle bei der „Erfindung der Taschenuhr“ streiten und von denen noch die Rede sein wird, herrscht in einer Hinsicht Konsens: Henlein dürfte einen merklichen Anteil an einem Prozess gehabt haben, der nach der Entwicklung der Räderuhr um 1300 und der Entwicklung von Feder und Schnecke um 1420 einen dritten bedeutenden Fortschritt darstellte. Nun wurden bis ins 17. Jahrhundert hinein keine spektakulären neuen Bauteile mehr erfunden, vom „Stackreed“ einmal abgesehen (Kat. 46–48), sondern die bewährten Bauteile und ihr Zusammenwirken in Bauteilgruppen erfuhren das, was die moderne Automobiltechnik „Downsizing“ nennt. Generell fand eine Verkleinerung federgetriebener mechanischer Uhren statt.

Natürlich wurden nicht alle Uhren kleiner. Im Gegenteil. Es ist gerade auch eine Entwicklung des 15. Jahrhunderts, an Rathausfassaden oder im Kircheninneren monumentale und werkstechnisch hoch komplexe astronomische oder auch Kunstuhren genannte Werke installieren zu lassen, von der Kathedrale im schwedischen Lund (um 1430), dem Prager Altstädter Rathaus (1410) bis zur Uhr der Markuskirche in Venedig (1496/99) mit eigenem Uhrturm. Parallel zu dieser Monumentalisierung im öffentlichen kann man im höfischen und privaten Uhrengebrauch von einer gegenläufigen „Subtilisierung“ sprechen, ganz gemäß den Eingangsworten von Johannes Cochläus' Lobeszeilen auf Henleins Uhren von 1512 (Kat. 58) „inveniuntur in dies subtiliora [...]“, heutzutage würden immer feinere Dinge erfunden. Seinen Höhepunkt wird dieses Downsizing in der Uhrenmode um 1550/60 erreichen, wenn von winzigen Hals- und Fingerringuhren nicht nur grafische Blätter und Kunstkammerquellen berichten, sondern sich auch einige wenige frühe Beispiele erhalten haben (Kat. 47, 50, 51). Bereits eine Uhrmachergeneration vorher hat Henlein mit seinen „Subtiliora“ seinen Beitrag zu dieser Verfeinerung der Uhrwerkstechnik geleistet, sei es mit den Bisamäpfeln der 1520er Jahre, sei es im mit Henlein verbundenen Dosenuhren-Typ (vgl. Kat. 3–13).

Welcher technisch-geografischen Landschaft allerdings der Primat dieser Subtilisierung von Räderuhrwerken gebührt, steht seit einem halben Jahrhundert in Frage. Eine Reihe oberitalienischer Quellen, die der Triester Uhrenhistoriker Enrico Morpurgo (1894–1972) zusammenstellte und auswertete, deutet darauf hin, dass es nicht zuerst Nürnberg oder Augsburg war, wo die Trends zur Miniaturisierung einsetzten (Kat. 84). Ursprung waren Morpurgos Recherchen nach vielmehr die Höfe in Mailand, Ferrara und Mantua, mit ihren berühmten Dynastien der Sforza oder Gonzaga, hatte es doch bereits in den 1470er Jahren in Rom eine stattliche Anzahl teils transportabler, privater und origineller Uhren gegeben (Kat. 29).

Eine chronologische Quellenlese, angelehnt an Morpurgo, verdeutlicht diesen Trend zunächst südlich der Alpen, und sei es nur aufgrund immer häufigerer neuer Wortschöpfungen á la „Uhrlein“ und „Uhrchen“, wenn in Italien mehr und mehr von „arloietti“ und „orologetti“, von „horologii piccollini“ und „horologiuzzi“ die Rede ist:

1462 Der Mantuaner Uhrmacher Bartolomeo Manfredi berichtete an den Markgrafen Lodovico von einem „arlioetto“ – wörtlich von einem „Ührlein“.

1482 Einem Brief des Mantuaner Theologen und Ingenieurs Comino da Pontevico an Herzog Federico Gonzaga zufolge gebe es eine Uhr mit einer „coreza“ (wohl der Feder?), die in einer Messingbüchse verborgen sei, um die wiederum eine Saite zum weiteren Antrieb gewickelt sei. So seien seine (= Cominos) Uhren, aber auch die von anderen Meistern gemacht, wenn Uhren „ohne Gewichte“ hergestellt werden sollen. Davon könne man einige in Mantua sehen.

1493 Der Mailänder Hofpoet Gaspare Visconti – wiederum am Hof Lodovico il Moros – veröffentlichte in seinen „Ritmi“ ein Sonett, in dem er einen Verliebten über das verborgene Werk einer kleinen Uhr sinnieren lässt. In den Anmerkungen dazu vermerkte Visconti, dass es heutzutage kleine und tragbare Uhren gebe, die beständig gehen, den Planetenlauf anzeigen und ein Schlagwerk haben.

1499 Der Humanist Polidoro Virgilio veröffentlichte „Drei Bücher über Erfinder und Erfindungen“. Darin bemerkte er im 2. Buch, Kap. V., aus göttlicher Weisheit heraus würden heute Uhren aus Metall mit Rädern und Zähnen erfunden, manche mit Zeigern, manche mit Schlagwerk. Man habe sich auch eine Form von Uhren „ad pyxidis formam“, also in Büchsenform, ausgedacht. Andere enthalten ägyptischen Sand (er meint Sanduhren), ihre Erfinder kenne man nicht. Besonders bemerkenswert sei die Büchsenform jener Geräte, gemeint sind Kompass, mit denen man zur See fahren könne: „Sic denique singulis fere diebus aliquid admiratione dignum ho[m]inum industria invenit: Velut pyxidem illam : Qua nautae navigationem p[er]itissimam moderant[ur]“ (auch in jüngster Zeit habe die geschickte Menschheit Bewundernswertes erfunden, nämlich jene Büchse, d.h. den Kompass, mit der die Seeleute jetzt kundig navigieren können; nach Virgilius 1499, vgl. Vergilius/Tasch 1537, S. XLIV). Die lateinische Originalpassage erinnert bis in den Wortlaut stark an das gut ein Jahrzehnt jüngere Erfinderlob des Johannes Cochläus zu Henlein (vgl. Kat. 58). Möglicherweise hat sich Cochläus literarisch am Topos des Polydor orientiert.

1505 Das „orologioetto“ der Mantuaner Markgräfin Isabella d’Este wird laut einem Brief des Vikars von Revere von einem Uhrmacher namens „Pietro Guido“ repariert.

1506 Bernardo Bembo, venezianischer Humanist und Patrizier, beklagte sich aus Venedig gegenüber Isabella d’Este, dass er seine kleine Uhr (horologio piccolino) vermisste, die er schon lange einem Mantuaner Uhrmacher – obigem Pietro Guido? – zur Reparatur geschickt habe. Das Ührlein (horologiuizzo) sei ihm so lieb „wie man einen Edelstein liebt“, und vielleicht könne sich die Herzogin um die Sache kümmern.

Lit.: Zum königlichen Uhrenträgeramt und zum Manetti-Zitat: Dohrn-van Rossum 1992, S. 116 | zur Feder- und Fusée-Technik und Burgunderuhr generell Maurice 1976, S. 81–87 | Kleinuhrenquellen im Italien des Quattrocento bei Virgilius 1499, f. fiii r,v; Berenzi 1907; Morpurgo 1952; Morpurgo 1954, Morpurgo [1975]; Tait 1987, S. 10 | vehemente und aktuelle, nur online veröffentlichte Morpurgo-Kritik des Nürnberger Uhrenhistorikers Ludwig Engelhardt: http://www.wv4f5qt28.homepage.t-online.de/de/Peter_Henlein.htm [8.8.2014].

Uhrenscherze am Sforza-Hof

Ein Spionagebericht

Fürstliche Eskapaden boten begehrtes Nachrichtenmaterial für Gesandte, die seit jeher auch nachrichtendienstlich tätig waren. Über den 19. Juli 1488 berichtete der Ferrareser Diplomat Jacopo Trotti brieflich ins heimatliche Ferrara, der Mailänder Herzog Lodovico Sforza habe sich einen luxuriösen Scherz ausgedacht. Lodovico ließ heimlich – „molto secretamente“ – zur Überraschung für den Hofstaat drei teure Seidenanzüge anfertigen. Alle drei Gewänder waren mit Perlen geschmückt und mit Uhren versehen. Zwei der Ührlein besaßen zudem ein Schlagwerk – „orologio da sonare hore“ –, seine eigene, die herzogliche, hingegen nicht.

Tragen würden diese drei Überraschungsanzüge bei einem Fest der Herzog selbst sowie sein Neffe Gian Galeazzo Sforza und Ludwigs Lieblingshöfling und zukünftiger Schwiegersohn, Graf Galeazzo di Sanseverino. Der Neffe und Galeazzo, beide nichtsahnend, sollten vom plötzlichen Klingeln der – eingenähten? verborgenen? – Gewanduhren überrascht werden. Zudem bargen drei an den Anzügen befestigte Zettelchen rätselhaftes Texte, die sich erst beim Erklingen der Uhren erklären würden. Auf den Zetteln stand, je nach Träger:

Herzog :

A un que son no fase	Auch wenn diese nicht schlägt,
En la obra satisfase	ist ihr Werk befriedigend
	(Als einzige hatte die Herzogsuhr kein Schlagwerk)

Gian Galeazzo:

Lingegno de tal obrar	Die Genialität des Uhrwerks
Fase este reloge sonar	bringt diese Uhr (reloge) zum klingen

Graf Galeazzo:

Tanto quanto esto reloge obrara	So lange wie diese Uhr (reloge) geht,
Tanto mas mi Gloria cressera	so lange wird mein Ruhm wachsen

Man verstand diese Verse erst, nachdem die Schlagwerke ihren Dienst verrichtet hatten. Anzunehmen ist, dass die Anzugträger zunächst nichts von ihnen wussten, zum Spaß für den Herzog und den restlichen Hofstaat.

Über den Quellenwert dieser sicher nicht erfundenen Hofepisode für die Frage nach der „ältesten Taschenuhr“ wurde gestritten. Fest steht, dass kleine, verbergbare und tragbare Uhren schon im 15. Jahrhundert an den Höfen der Frührenaissance existierten. Der Name Galeazzo di Sanseverino macht zudem auch Nürnbergs Lokalhistorie hellhörig: Galeazzo war ein Freund des Nürnberger Humanisten Willibald Pirckheimer, den Galeazzo 1502 für mehrere Wochen in Nürnberg besuchte, und bei dem er später über seinen Diener eine Uhr bestellen ließ (Kat. 19).