

Leit 5000 Jahren in Bewegung



.. RÄDER

Noch immer gilt ein schnittiges Auto als Statussymbol schlechthin. Dem war aber nicht immer so: Zur Römerzeit waren Wagen nur etwas für Frauen, Alte und Kranke. Wer etwas auf sich hielt, war zu Pferd unterwegs. Der technische Fortschritt und immer ausgereifere Räder trugen zum Siegeszug der Wagen bei.

Die ältesten erhalten gebliebenen Räder der Welt stammen aus den Pfahlbauten an Mooren und Seen. Etwa gleich alt sind Wagenmodelle und -abbildungen in Mesopotamien, dem Zweistromland im heutigen Irak und Syrien. Welche Kultur den Wagen erfunden hat, ist nicht sicher geklärt.

In der Regel bestehen die Räder der steinzeitlichen Pfahlbauten aus zwei Teilen, die ungleich gross sind. Es gibt immer ein grösseres Teil mit dem Achsloch und ein kleineres, angesetztes Teil. Diese beiden Teile werden durch zwei oder drei Leisten zusammengehalten. Die Leisten werden nach unten hin breiter und stecken in sogenannten Schwalbenschwanznuten. Jeweils eine Leiste sitzt oberhalb und unterhalb der Achse, die dritte ist kürzer und endet am Achsloch. Dieses Loch in der Mitte des Rades ist aber nicht rund, wie man es heute kennt, sondern viereckig. Der Grund dafür ist, dass man die Achse in einem viereckigen Loch sehr einfach verkeilen kann. Diese Verbindung ist sehr stabil, hat aber zur Folge, dass sich die Räder nicht unabhängig voneinander drehen können. Beide Räder drehen sich auf der starren Achse gleich schnell. Das funktioniert nur beim geradeaus Fahren gut. Das Manövrieren ist schwierig und führt zu einer starken Abnutzung der Räder. Zweiachsige Wagen sind bei dieser Technik nicht möglich.

AUS ZWEI MACH VIER

Von Südrussland bis Norddeutschland kannte man spätestens im dritten Jahrtau-

send v. Chr. schon vierrädrige Wagen mit frei drehenden Rädern. Die Räder mussten eine breite Nabe haben, die sich auf dem Achsschenkel drehte. In der Regel entspricht die Länge der Nabe bei Holzrädern etwa dem halben Raddurchmesser. Das Herausarbeiten des Rades aus einem einzigen riesigen Holzblock oder die Befestigung einer breiten Nabe in einer Holzscheibe war mit steinzeitlichen Werkzeugen äusserst kompliziert.

Vierrädrige Wagen boten gegenüber den zweirädrigen zwar die Vorteile einer grösseren Ladefläche und einer erhöhten Zuladung, sie waren aber kaum leichter zu lenken, da die Vorderachse nicht geschwenkt werden konnte. Lenkbare vierrädrige Wagen, die vom Prinzip her heutigen Kutschen entsprechen, entwickelten sich wohl erst im zweiten Jahrtausend v. Chr.

Aus den jüngsten Pfahlbauten um 1000 v. Chr. stammen die ältesten frei drehenden Räder der Schweiz. Wie die steinzeitlichen Räder bestehen sie aus dicken Brettern, die durch eingeschobene Leisten zusammengehalten werden. Neu ist, dass diese Leisten in gebogene Nuten eingeschoben werden und dass sie auf beiden Seiten der Radscheibe angebracht werden. Durch diese beiden Tricks ist die Scheibe dauerhaft stabil. Auch wenn das Holz trocknet, können die Leisten nicht herausrutschen. Als Nabe steckt ein hölzernes Rohr quer in der Mitte des Rades. Diese Nabe besteht immer aus zwei Halbschalen. Da man damals noch keine Bohrer kannte, mussten zwei passende Stücke mit Bronzeweerkzeug geschnitzt werden.

EIN HEISSER REIFEN

Um den Fahrkomfort zu erhöhen, waren schon die keltischen Prunkwagen gefedert. Bei manchen von ihnen sass der Wagenkasten auf dünnen, gebogenen Eisenstäben, bei anderen war er aufgehängt und schwankte bei der Fahrt leicht hin und her. Diese Art der Federung setzte sich in der Römerzeit bei Reisewagen durch.

Dank Grabfunden – manche der Verstorbenen erhielten bis in die römische Zeit noch Wagen als Grabgabe – kennt man die Konstruktion der Wagen: In einer gedrehten Nabe stecken zehn, manchmal auch nur acht Speichen. Auf den Speichenenden sitzt die hölzerne Felge, die aus einem

einzigem Stück besteht, das sich wie ein Ring um die Speichen legt. Um so eine Biegefelge herzustellen, muss ein circa drei Meter langer Stab erhitzt und zu einem Kreis gebogen werden. Das ist ausserordentlich schwierig und gelingt nur selten, da das Holz normalerweise aufsplittet; und selbst wenn es einmal gelingt, ist die Struktur des Holzes durch das Erhitzen und Biegen teilweise zerstört, das Rad also weniger belastbar.

Erst seit der Römerzeit gibt es auch Segmentfelgen, die einfacher herzustellen und doch wesentlich stabiler sind. Dabei wird jeweils nur ein Kreissegment aus einem Brett gesägt oder geschnitzt. Die einzelnen Segmente überspannen immer nur zwei Speichen. Der Unterschied ist so gross, dass ein Wagen ohne seine Eisenbeschläge in der spätrömischen Zeit mit Segmentfelgen 350 Denare (Goldmünzen) kostete, mit Biegefelgen bei ansonsten gleicher Ausführung dagegen nicht weniger als 600 Denare!

Allen Speichenrädern gemeinsam war seit etwa 500 v. Chr. der geschlossene Eisenreifen. Bereits die frühen ägyptischen Streitwagen hatten eine durchgehende Lauffläche aus einem Streifen Rohleder, der die gebogene Felge zusammenhielt. Bei mesopotamischen Wagen wurde der Abrieb der Lauffläche durch grosse Bronzenägel vermindert, bei frühen keltischen Wagen durch Eisennägel mit breiten Köpfen. Um 500 v. Chr. ersetzte man diese geschlossene Nagelreihe durch einen einzigen Reifen.

Dabei nutzte man die Tatsache, dass Eisen sich beim Erhitzen ausdehnt. Bei einem Reifen mit drei Meter Umfang macht das sechs bis acht Millimeter aus. Der Eisenreifen wurde aber nur so gross geschmiedet, dass sein Umfang etwa drei bis vier Millimeter kürzer war als der des hölzernen Speichenrads, auf das er aufgezogen werden sollte. Nur in erhitztem Zustand, etwa mit 500 °C, passte er auf das Rad. Wenn er aufgezogen wurde, begann das Holz natürlich sofort zu brennen. Innerhalb weniger Sekunden musste der heisse Reifen daher an die richtige Stelle geklopft und das Rad in einem Wasserbotich abgekühlt werden. Jetzt zischte und dampfte es in der Werkstatt, und der Reifen zog sich über dem Rad zusammen. Im

täglichen Gebrauch wurde diese Spannung immer geringer. Zum einen gab das Holz etwas nach, zum anderen wirkte jeder Stein, über den der Wagen fuhr, wie ein Hammerschlag und weitete den Reifen. Nach etwa 1000 km musste der Reifen daher wieder abgenommen werden. Das Rad wurde vom Wagner wieder genau rund zugerichtet und der Schmied kürzte den Reifen und zog ihn wieder aufs Rad auf.

MÜHLRAD, TRETTRAD, GÖPEL

Seit der Römerzeit hatte man es verstanden, Wasserräder zu konstruieren, die grosse Mühlsteine antrieben. Sie ersparten den Menschen die alltägliche Mühsal des Getreidemahlens. Die römischen Mühlräder hatten nur gut zwei Meter Durchmesser. Es waren Schussräder, die ihre Energie aus einem etwa 60 Grad steilen, etwa drei Meter langen Kanal bezogen. Sie drehten sich mit bis zu zwei Umdrehungen pro Sekunde rasend schnell.

Die römischen Räder benötigten eine Untersetzung, damit sich der Mahlstein nicht zu schnell drehte. Dagegen waren vom Mittelalter bis ins 20. Jahrhundert grosse, langsam drehende Mühlräder üblich, die eine grosse Übersetzung hatten, mit einem grossen Kammrad auf der Mühlachse und einem kleinen, das den Mahlstein antrieb. Die Nutzung der Wasserkraft wurde so im Bergbau, bei der Eisenproduktion und -verarbeitung sowie bei Sägemühlen bald unverzichtbar.

Bis vor 100 Jahren waren Getreidemühlen weit verbreitet. Länger hielten sich Hammerschmieden. Bis in die 1950er-Jahre hatte jedes Dorf mindestens einen Schmied und vielerorts trieb dieser seinen Hammer mit einem Mühlrad an.

Wo keine Wasserkraft zur Verfügung stand, war man auf die Kraft von Tieren und Menschen angewiesen. Auf grossen Baustellen wurden teilweise bis Anfang des 20. Jahrhunderts Treträder eingesetzt, mit deren Hilfe grosse Gewichte in die Höhe gezogen werden konnten. Grosse Kräne gab es damals noch nicht und die Treträder wurden immer wieder zerlegt und eine Etage weiter oben neu montiert.

In Bergwerken waren ab dem 19. Jahrhundert normalerweise grosse Dampfmaschinen im Einsatz. Bis zu ihrer Erfindung war man aber auch hier zur Entwässerung

und Erzförderung auf Treträder angewiesen. Die Antriebskraft für diese Maschinen lieferten Menschen – sie steckten buchstäblich in der Tretmühle.

In Bergwerken, Öl- und Getreidemühlen waren auch Göpel verbreitet, senkrechte Antriebswellen, an denen ein Tier eingespannt wurde. Es musste dann eine oder zwei Stunden lang im Kreis laufen, bevor ein anderes dran war. Nur selten wurden für diese schwere Arbeit Menschen eingesetzt.

FORTSCHRITTLICHES MITTELALTER

Das angeblich so finstere Mittelalter erfand neben dem Schubkarren eine noch viel wichtigere Verbesserung: den Sturz. Ein Rad mit Sturz zeichnet sich dadurch aus, dass die Speichen nicht in der Rotations Ebene des Rads liegen, sondern leicht schräg zur Wagenmitte hin verlaufen. Die Nabe liegt also nicht genau in einer Ebene mit der Felge, sondern sie sitzt einige Zentimeter Richtung Wagen versetzt. Das ist beim Kurvenfahren ein entscheidender Vorteil. Das Gewicht des Wagens drückt dabei gegen die Nabe des äusseren Rades. Bei keltischen und römischen Wagen konnte diese Kraft die Naben aus dem Rad drücken. Das weit geöffnete «V» der mittelalterlichen Wagen setzt diesem Druck eine Art Gewölbe entgegen und kann daher mit höheren Geschwindigkeiten und mehr Gewicht gefahren werden.

Nun muss aber die unterste Speiche, auf der jeweils das Gewicht des Wagens lastet, senkrecht stehen. Ein Rad mit Sturz steht daher schräg. Die unterste Speiche steht senkrecht, die oberste vom Wagen weg. Dadurch steht auch die Nabe schräg. Was zunächst unvernünftig scheinen mag, erweist sich als weiterer Vorteil. Die Achse mit den zwei leicht nach unten abgewinkelten Achsschenkeln bildet dadurch ebenfalls eine Art flaches Gewölbe, was wiederum mehr Zuladung erlaubt.

Als dritte Neuerung wurde die Vorspur erfunden. Die Achsschenkel sind nicht nur nach unten, sondern auch nach vorne leicht abgewinkelt. Die Räder stehen also ganz leicht in Pflugform zueinander. Dadurch hat der Wagen immer die Tendenz, sich gerade auszurichten. Diese Vorspur ist auch bei heutigen Autos noch unverzichtbar. Sie sorgt dafür, dass diese einfacher und zuverlässiger geradeaus fahren.

IMMER SCHNELLER

Hölzerne Räder waren 5000 Jahre lang das Mass der Dinge, erst als Scheibenräder, dann auch als Speichenräder. Noch im frühen 20. Jahrhundert hatten selbst die Autos Räder mit hölzernen Speichen. Doch schon damals hatte mit Dampfmaschine und Eisenbahn längst ein neues Zeitalter begonnen. Dank Vollgummi- und später Luftbereifung schafften die Stahlräder den Übergang auf die Strasse. Unser heutiges Leben wird dominiert von technisch hoch entwickelten Rädern an Hochgeschwindigkeitszügen, Lastwagen und Limousinen, und selbst die Speichenräder an Fahrrädern sind technische Meisterwerke, die noch vor 100 Jahren undenkbar waren.

AUTOR

Christian Maise ist Archäologe. Seit seiner Promotion 1995 arbeitet er als freier Wissenschaftler. Einer seiner Schwerpunkte ist die Rekonstruktion vor- und frühgeschichtlicher Gebäude und Wagen.

Dies ist ein gekürzter Beitrag aus dem neuen Lehrmittel STUBER, T. et al. (erscheint 2016): Räder in Bewegung (Arbeitstitel) der PHBern.

MUSEEN MIT WAGEN- UND MÜHLRÄDERN

Reisewagen in der Römerstadt Augusta Raurica: www.augustaurica.ch

Bronzezeitliche Scheibenräder, römische Wassermühle im Museum für Urgeschichte(n) Zug: www.museenzug.ch/urgeschichte

Zwei keltische Streitwagen und steinzeitlicher Wagen im Bernisches Historisches Museum: www.bhm.ch

Funktionsfähiges Trettrrad Schloss Lenzburg: www.schloss-lenzburg.ch

Verkehrshaus Luzern: www.verkehrshaus.ch

QUELLEN

BINDING, Günther et al. (2001): Der mittelalterliche Baubetrieb in zeitgenössischen Abbildungen. Stuttgart: Theiss.

FANSA, Mamoun & Landesmuseum für Natur und Mensch (2004): Rad und Wagen. Der Ursprung einer Innovation. Wagen im Vorderen Orient und Europa. Mainz: Ph. von Zabern.

HASER, Johann / MAISE, Christian (2003): Zum Nachbau eines römischen Reisewagens. Grundlagen und Aufwandsberechnung. In: Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst 24, S. 193 – 223.

KÜNZL, Ernst (1993): Die Alamannenbeute aus dem Rhein bei Neupotz. Mainz: Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums.

SCHÜLE, Bernhard et al. (1989): Das Rad in der Schweiz vom 3. Jt. vor Christus bis um 1850. Zürich: Schweizerisches Landesmuseum.