

## „Wenn Schiffe durch Berge fahren“ – eine Übersicht über Schiffstunnel als Ingenieuraufgabe

Kanäle mit ihren Ingenieurbauten (z. B. Schleusen, Schiffshebewerke, Schwebefähren und Kanalbrücken) zählen zu den bedeutenden Transport- und Wasserwegen, die von einer geregelten, nachhaltigen Zufuhr ausreichender Wassermengen abhängig sind. Probleme beim Wasserstraßenbau bereiten dabei die Scheitelstrecken, d.h. die am höchsten gelegene Kanalstrecken, die nicht über ausreichende, natürliche Wasserzuflüsse verfügen, da sie bei jeder Schleusung erhebliche Wassermengen verlieren, die anschließend ersetzt werden müssen: Kostspielig anzulegende Wasserspeicher und -zuflüsse wie Talsperren oder von weither herangeführte Wasserläufe sind Möglichkeiten, diese Ersatzwassermengen aus höher gelegenen Regionen zu beschaf-

fen. Wenn Kanäle also bergiges Gelände, Bergvorsprünge oder Wasserscheiden durchfahren müssen, wird bisweilen die Auffahrung von Schiffstunneln notwendig, deren Ausführung eine niedrigere Lage der Kanalhaltung ermöglicht. Andere Möglichkeiten, Wasserscheiden und Scheitelstrecken zu überwinden, bestehen in der Anlage von Tiefschnitten von über Tage aus, in der ersatzweisen, notgedrungen durchzuführenden Umladung der Schiffsfracht auf die Straße oder aber in der Veränderung der Kanalstrecke, sodass sie sich dem Gelände anpasst und die Scheitelstrecke weiträumig umfährt. Alle zur Ausführung kommenden Lösungsmöglichkeiten haben für ihre Realisierung dieselben Gründe: Mit dem in den Kanälen vorhandenen Wasser muss sparsam umgegangen werden, die Frachten, meistens zum Leben notwendige Nahrungsmittel wie Getreide oder Wertstoffe wie Kohle und Erze, müssen aufgrund fehlender Straßenverbindungen auf dem Wasserwege transportiert werden und die Kosten müssen im Rahmen des Leistbaren bleiben.

Obwohl die Auffahrung von Schiffstunneln sich als teuer in der Anlage erwiesen hat, ist diese Lösung durchaus nicht selten angewendet worden. Eine Übersicht zeichnet ein ausgesprochen interessantes Bild vom Bestand dieser bislang weitgehend unbearbeiteten Gattung von Ingenieurbauten. Im Folgenden soll ein Überblick von den vorhandenen Schiffstunneln – ausgehend von den englischen und französischen Beispielen – gegeben werden. Zudem besitzen diese beiden Länder ausgedehnte Kanalsysteme, die aus dem 18. und 19. Jahrhundert stammen, die als Vorbilder für die Beispiele in der Bundesrepublik, den Niederlanden, in Belgien, Luxemburg und in den Vereinigten Staaten von Amerika gedient haben: Nur in diesen sieben Staaten haben sich Schiffstunnel finden lassen.

### Schiffstunnel in Großbritannien

Es war die Industrielle Revolution mit ihrem „Kohlenhunger“, die in Großbritannien die Errichtung eines umfangreichen Wasserstraßennetzes mit sich gebracht hat. Der immer größer werdende Kohlenbedarf wuchs sich zu einem Versorgungsproblem aus, denn mit einem Pferdewagen konnte man auf einer unbefestigten Straße nur etwa eine halbe Tonne Kohle befördern, auf einer befestigten Straße zwei Tonnen. Auf einem Wasserlauf hin-

### “When boats sail through mountains” – an overview of the canal tunnel as an engineering feat

*Canal tunnels are among the special engineering feats since they allow the highest point of the canals and navigable waterways to be crossed. The oldest example of such a canal tunnel is the one from Malpas of the Canal du Midi in southern France (1679-1680). Further examples in the second half of the 18th century appeared primarily as a result of the Industrial Revolution in the United Kingdom when the English waterway network was set up for narrow boats with a capacity of around 25 tons. In the 19th century, an impressive number of canal tunnels was built in France, but for bigger boats so-called péniche (barges or houseboats) with a loading capacity of 300 tons. Canal tunnels were also built on the European continent – particularly for the purpose of providing transport solutions for mining – some of which were of considerable length. This article gives an overview of the known examples and examines the close links with the construction and excavation of mining tunnels.*

gegen mit einem Kahn, der am Ufer von einem Pferd gezogen wurde, konnte man 25 Tonnen und auf einem Kanal ohne naturgegebene Hindernisse sogar 50 Tonnen transportieren: Damit gehörte die Zukunft dem Ausbau der Wasserstraßen und es entstand in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts in Großbritannien ein umfangreiches Kanalsystem von zuletzt mehr als 7.500 km Länge.

Der erste Kanal der industriellen Ära in Großbritannien wurde im Jahre 1757 mit der Sankey Brook Navigation (später in St. Helen's-Canal umbenannt) eröffnet. Größeren Bekanntheitsgrad erreichte der seit dem Jahre 1759 von Francis Egerton (1736-1803), dem dritten Duke of Bridgewater<sup>1</sup> erbaute (kurze) Kanal von seinen Kohlebergwerken in Worsley zum Flusslauf des Irwell. Dieser Kanal wurde von James Brindley (1716-1772) zur Verbesserung der Transportmöglichkeiten angelegt. Egerton war von einer Europareise zurückgekehrt und hatte u. a. den Canal du Midi in Südfrankreich besucht; dabei erkannte er die Möglichkeit, mit einer Wasserverbindung zu seinem Bergwerk die Kohlenförderung in größeren Mengen unmittelbar bis nach Manchester zu befördern. In den Jahren 1767 bis 1772 schuf er außerdem mit dem von ihm finanzierten Bridgewater-Kanal eine Verbindung mit dem Fluss Mersey, sodass er auch Liverpool mit Kohle versorgen konnte. Zusätzlich stieg Egerton auch ins Logistikgeschäft ein und beförderte Waren und Rohstoffe anderer Anbieter kostenpflichtig über seine Kanäle.<sup>2</sup> Damit setzte in England ein Kanalbauwahn ein, die sogenannte „canal mania“: Die Flüsse Mersey, Trent, Severn und die Themse wurden in der Folgezeit erschlossen und durch Kanäle miteinander verbunden, es gab praktisch nichts, was nicht mit Lastkähnen transportiert wurde, was bis 1793 zu einem enormen Aufschwung der Industrie und verbesserten Absatzmöglichkeiten von Kohle, Roheisen, Stahl, Bauholz, Getreide und Porzellan führte. Aber am Ende des 18. Jahrhunderts war dieser wirtschaftliche Aufschwung bereits vorbei: Bis 1815 waren die meisten britischen Kanäle, die nur über geringe Abmessungen verfügten, fertiggestellt. Mit der Erfindung der Eisenbahn erwuchs dem Wasserstraßennetz ein übermächtiger Konkurrent: Am 22. Februar 1804 stellte Richard Trevithick (1771-1833) auf einem Rundkurs eine auf Schienen laufende Dampfmaschine mit dem Namen „Invicta“ („die Unbesiegbare“) vor, die Waggonen mit 10 Tonnen Gesamtgewicht und 70 Personen mit einer Geschwindigkeit von 8 km/h bewegen konnte. Damit war der Siegeszug der Eisenbahn und das Ende des Kanaltransports eingeläutet. Als im Jahre 1825 George Stephenson (1781-1848) erste Dampflokomotive fuhr, kauften Eisenbahngesellschaften die Aktien der Kanalgesellschaften auf, um den Schiffsverkehr als Konkurrenten zu unterdrücken: Damit endeten die „goldenen Zeiten“ des englischen Kanalzeitalters nach einer nur kurzen Blütezeit.

Die Kanäle der britischen Wasserverkehrsnetzes waren schmal und den Verhältnissen der frühindustriellen Zeit angepasst, größere Schiffe konnten auf ihnen kaum fahren. Das Hauptverkehrsmittel war das hölzerne „narrow boat“ mit 2,2 m Breite und ca. 22 m Länge, das mit einem flachen Rumpf, geringem Tiefgang und keinem eigenen Antrieb ausgestattet war, sondern von einem Pferd gezogen werden musste. Die Nutzlast betrug rd. 25 Tonnen.<sup>3</sup> Der Grund für diese Abmessungen bestand in der in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts üblichen Größe der Schleusen einerseits und den damals beherrschbaren technischen und ökonomischen Mitteln andererseits. Die Größenauswahl der „narrow boats“ war sowohl Ursache für den raschen Erfolg des Kanalnetzes als auch für ihren Niedergang, denn spä-

testens mit dem Erscheinen der Eisenbahn stellte sich heraus, dass ein 25 t-Schiff kaum wirtschaftlich konkurrieren konnte: Doch zunächst, d. h. bis zum Ende des 18. Jahrhunderts, waren das „narrow boat“ und das Kanalnetz Bestandteile einer konkurrenzlosen Hochtechnologie.

Bei der großen Menge von Kanälen verwundert es nicht, dass auch eine erhebliche Anzahl an Schiffstunneln mit z. T. beträchtlichen Längen in der hügeligen Landschaft Großbritanniens anzutreffen ist: Die beigefügte Übersicht belegt die große Zahl (siehe Tab. 1). Die englischen Schiffstunnel aus der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts unterscheiden sich von den Beispielen auf dem europäischen Kontinent durch ihre geringen Abmessungen, da sie wie auch die Schleusen für die Abmessungen der „narrow boats“ aufgeföhren worden waren und dementsprechend meist nur Breiten von 2,5 m bis 3 m und sich daraus ergebende kalottenförmige Firsten besitzen. Ein charakteristisches Beispiel eines derartigen Schiffstunnels der „ersten Generation“ ist der 2.675 m lange von Harecastle des Trent and Mersey-Canals (Abb. 1), dessen beiden Mundlöcher „Mauselöchern“ ähneln.<sup>4</sup> Der längste englische Schiffstunnel ist der Standedge-Tunnel des Huddersfield Narrow Canal (Abb. 2), der mit einer Länge von 5.210 m in den Jahren 1794-1811 nach mehreren Unterbrechungen nach Plänen von Thomas Telford (1757-1834) erbaut worden ist.

Die überwiegende Mehrzahl der Schiffstunnel der „ersten Generation“ besitzt aus Kostengründen keine Treidelpfade und musste nach dem Prinzip des „legging“ (Abb. 3) durchfahren werden, d. h. zwei Binnenschiffer legten sich mit dem Rücken auf die Ladung bzw. auf die Seite in den Bug, stießen sich mit den Beinen an der Tunnelrinne bzw. den -wandungen ab und bewegten auf diese Weise die Schiffe vorwärts. Oder aber die Besatzung zog die Boote mit den Händen an Ketten oder Seilen, die an den Tunnelstößen befestigt waren, voran. Die Treidelpferde mussten während der Tunnelstrecken auf Wegen, die im freien Gelände dem Kanalverlauf folgten, bis zum nächsten Tunnelmundloch geführt werden. Für die Tiere bestanden in Einzelfällen sogar eigene Treideltunnel parallel zum Kanaltunnel wie z. B. am 1799 erbauten Shrewley-Schiffstunnel des Grand Union-Canal. (Abb. 4) Da die größte Anzahl der englischen Schiffstunnel bereits in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts angelegt wurde, ähnelt sich die Ausgestaltung der Einfahrtsbauwerke. Meistens wurden die leicht gebogen ausgeführten Fassadenbereiche mit den Tunnelmundlöchern ohne größeren Aufwand in Backstein (seltener in Haustein) ausgeführt, die rundbogigen Einfahrtsöffnungen mit Werksteinen betont, und von z. T. langen seitlichen Böschungsmauern begleitet. Senkrechte Mauersteifen (Lisenen) können die Öffnungen begleiten, in der Regel aber hielten sich die Aufwendungen für die Architekturen der Schiffstunnel aus Kostengründen in engen Grenzen. Eine Ausnahme macht der zwischen 1783 und 1789 erbaute Sapperton-Tunnel des Thames and Severn-Canal bei Cirencester in Gloucestershire (Abb. 5), dessen Portale aufwändig aus Haustein gestaltet worden sind. Er war bis zur Fertigstellung des Standedge-Schiffstunnels des Huddersfield-Narrow-Kanals (1784-1811) das längste englische Tunnelbauwerk – wahrscheinlich war diese herausgehobene Stellung auch der Grund für die besonders aufwändige Gestaltung der Mundlöcher. Hinzu kommt, dass der Kanal bereits nicht nur für die „narrow boats“, sondern auch für größere Boote konzipiert worden war, belaufen sich doch seine Abmessungen auf jeweils 4,6 m Höhe und Breite.

Der Ausmauerung der Schiffstunnel erfolgte mehrheitlich in Backstein, die Wetterschächte ähneln Schornsteinen.<sup>5</sup>



Abb. 1: Die beiden Harecastle-Schiffstunnel des Trent-and-Mersey-Canal: rechts das Mundloch des älteren, von James Brindley erbauten Schiffstunnels (1770-1777), links das des jüngeren, noch heute genutzten, von Thomas Telford aufgefahrenen Schiffstunnels (1825-1827). (© Foto: Rainer Slotta)

Abb. 2: Der Standedge-Schiffstunnel des Huddersfield-Narrow-Canal (1784-1811); oberhalb des Mundlochs ist die Halde eines Wetterschachtes des Schiffstunnels sichtbar. Der Standedge-Schiffstunnel ist mit 5.210 m Länge der längste Schiffstunnel in Großbritannien. (© Foto: Rainer Slotta)





Abb. 3: Die Methode des „legging“ durch die Bootsbesatzung. (Postkarte undatiert, Sammlung Rainer Slotta)

Die „narrow boats“ sind auch heute noch das gebräuchliche Verkehrsmittel auf den englischen Kanälen. Das Pferd blieb bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts die einzige ökonomische Antriebsart, nachdem Experimente zum Einbau von Dampfmaschinen daran scheiterten, dass diese für sich und die als Brennstoff zu verfeuernde Kohle zu viel Frachtraum beanspruchten. Erst kurz vor dem Ersten Weltkrieg fanden Dieselmotoren Verwendung, die – weil leistungsfähiger als ein Pferd – noch ein weiteres nichtmotorisiertes „narrow boat“ („butty“) ziehen konnten.

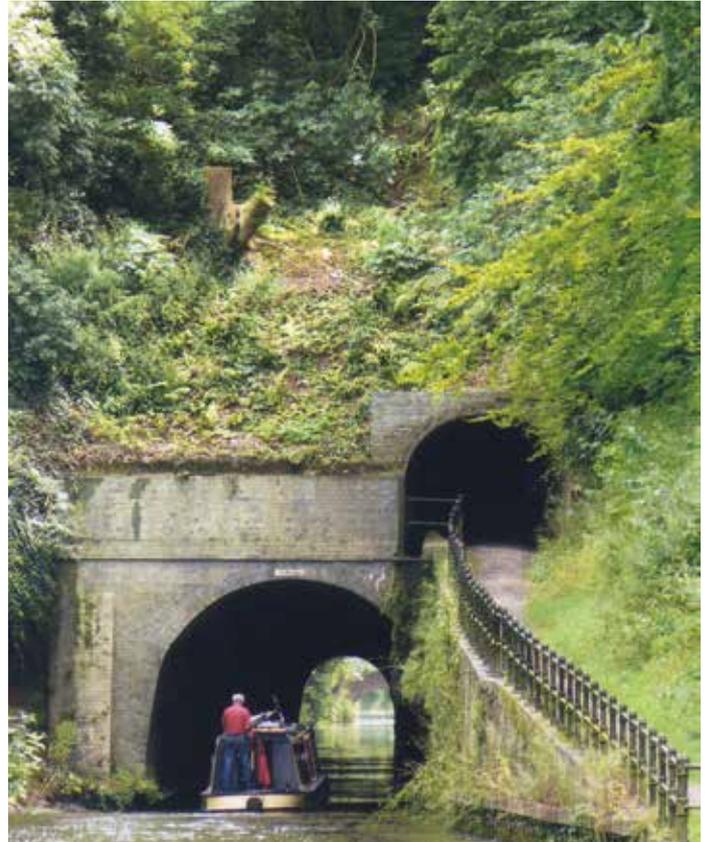


Abb. 4: Der Shrewley-Schiffstunnel des Grand Union Canal (1799) mit dem höher gelegenen Tunnel für die Treidelpferde. (© Foto: Rainer Slotta)

Abb. 5: Der Sapperton-Schiffstunnel des Thames-and-Severn-Canal (1789-1811). (© Foto: Rainer Slotta)



Tab. 1: Schiffstunnel in Großbritannien

Ort	Kanal	Bauzeit	Länge (m)
Hincaster	Lancaster	1760-1792	345
Worsley Navigable	Bridgewater	1761	460
Cookley	Staffordshire & Worcestershire	1766-1772	59
Coseley	Birmingham	1769-1772	329
Harecastle I	Trent & Mersey	1770-1777	2.633
Gannow (Burnley)	Leeds & Liverpool	1770-1816	511
Newbold	Oxford	1775	250
Lord Ward's	Birmingham	1775	?
Rock (Dudley)	Birmingham	1775-1791 (1973)	2.900
Hollingwood Common	Chesterfield	1777	2.805
Barnton	Trent & Mersey	1777	523
Preston Brook	Trent & Mersey	1777	1.133
Armitage	Trent & Mersey	1777	119
Saltersford	Trent & Mersey	1777	388
Drakeholes	Chesterfield	1777	239
Leek	Caldon	1779	119
Bath	Kenneth & Avon	1788-1810	?
Sydney Gardens Bath	Kenneth & Avon	1788-1810	?
Froghall	Caldon	1799	69
Gosty Hill	Dudley	1779-1792	528
Sapperton	Thames & Severn	1783-1789	3.490
Curdworth	Birmingham & Fazeley	1784-1790	52
Hyde Bank	Peak Forest	1784-1805	?
Standedge	Huddersfield Narrow	1784-1811	5.210
Hardham	Arun River	1787-1816	343
Fenny Compton I	Oxford	1790	307
Fenny Compton II	Oxford	1790	413
Savernake	Kenneth & Avon	1793	459
Husband Bosworth	Grand Union	1793-1809	1.066
Ashperton	Hereford & Gloucestershire	1793-1845 (1842)	583
Aylestone	Hereford & Gloucestershire	1793-1845	583
Brandwood	Stratford upon Avon	1793-1816	322
Snarestone	Ashby	1794	229
Woodley	Peak Forest	1794-1805	161
Whitehouses	Llangollen	1795-1802	175
Foulridge	Leeds & Liverpool	1796	1.500
Berwick	Shrewsbury	1797	890
Saddington	Grand Union	1797	808
Ashford	Brecon & Abergavenny	1797-1812	343
Oxenhall	Hereford & Gloucestershire	1798	2.389
Shrewley	Grand Union	1799	396
Chirk	Llangollen	1802	420
Morwellham	Morwellham Quai	1803-1817	2.323
Blisworth	Grand Union	1805	2.794
Bruce	Kenneth & Avon	1810	500
Islington	Regent's	1812-1820	878
Maida Hill	Regent's	1812-1820	249
Lisson Grove	Regent's	1812-1820	48
Wast Hill	Worcester & Birmingham	1815	2.492
Shortwood	Worcester & Birmingham	1815	561
(Tardebigge) Roughcastle	Union (Scotland)	1817-1822	180
Falkirk	Union (Scotland)	1822	636
Strood	Thames & Medway	1824	3.595
Dunhampstead	Worcester & Birmingham	1825	210
Edgbaston	Worcester & Birmingham	1825	137
Harecastle II	Trent & Mersey	1825-1827	2.676
Cowley	Shorpsire	1830	631

Diese Bootspaare wurden in großer Stückzahl in den ersten Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts gebaut und eingesetzt. Nach dem Zweiten Weltkrieg nahm der wirtschaftliche Niedergang des Kanalsystems in Großbritannien seine Fortsetzung, nach dem harten Winter der Jahre 1962/1963, in dem die Kanäle wochenlang zugefroren waren, stellte dann allerdings die staatliche Transportfirma British Waterways den Gütertransport auf den englischen Wasserstraßen ein. Eine erstaunliche Renaissance erlebten die „narrow boats“ seit den 1960er-Jahren. Heute findet ein reger Freizeitverkehr mit ihnen statt, selbst einige aufgegebenen Kanäle sind nach kostenintensiven Renovierungen wieder dem öffentlichen Freizeitverkehr übergeben worden. Die Wiederbelebung des Kanalsystems betrifft auch die Schleusenbauten und die Schiffstunnel.

### Schiffstunnel in Frankreich

Frankreichs Geschichte seines Kanalsystems nahm einen anderen Verlauf als das Englische. Es entwickelte sich durch seine Kanalbauten zum Vorbild für ganz Europa. Bereits in der ersten Hälfte des 17. Jahrhunderts entstand mit dem Canal de Briare ein künstlicher Wasserlauf, der als erster eine Wasserscheide – die zwischen der Seine und der Loire in Burgund – mit aufsehenerregenden Schleusenbauwerken überwand. Dieser Kanal – bereits im 16. Jahrhundert konzipiert und 1604 begonnen – wurde zum Vorbild für die weiteren nachfolgenden französischen Kanalbauten, die im Unterschied zu den englischen Kanälen breiter als diese ausgelegt waren und auf denen damit auch größere Lastkähne mit höheren Kapazitäten fahren konnten. Der zweite große französische Inkunabel-Kanalbau war der des Canal du Midi, der den Atlantik mit dem Mittelmeer verbindet: Sein Erbauer war Pierre-Paul Riquet (1609-1680), der ebenso wie Thomas Jefferson (1743-1786), der Präsident der Vereinigten Staaten von Amerika, den Canal de Briare als Vorbild für den Canal du Midi studierte.<sup>6</sup> Der Ausbau des das gesamte Land umfassenden Wasserstraßennetzes entstand in Frankreich aber erst mit dem industriellen Aufschwung seit der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Da die Franzosen aus den Erfahrungen in Großbritannien gelernt hatten, bauten sie gleich breitere Kanäle und Schleusen für die ständig steigenden Ansprüche. Als zentralistisch organisiertes Land lag der Mittelpunkt des Wasserstraßennetzes in der Umgebung von Paris.

Als maßgebend für die Abmessungen der Schleusen und damit auch der Schiffstunnel erwies sich im Verlauf des 19. Jahrhunderts der so genannte Péniche.<sup>7</sup> Diese kastenförmigen Kanalschiffe sind niedrig gebaute Schleppschiffe (Traidelschiffe) ohne Aufbauten; sie besaßen manchmal mittschiffs einen Stall, wenn eigene Treidelpferde vorhanden waren. Im Zuge der Motorisierung seit den 1920er Jahren baute man auf das Achterdeck ein niedriges, tief liegendes Roef (Wohnung) und davor ein kaum höheres Steuerhaus. Durch die niedrigen Aufbauten macht der Péniche einen gedrungenen Eindruck; er bestand zunächst aus Holz, später zunehmend aus Eisen. Seine Abmessungen betragen in Frankreich maximal 38 m Länge und 5 m Breite bei einem Tiefgang von höchstens 1,80 m; seine Ladekapazität belief sich auf rd. 300 t. Die Abmessungen des Péniche führten im Zuge der 1879 vom französischen Minister für Öffentliche Arbeiten Louis Charles de Saulces de Freycinet (1828-1923) durchgeführten Normierungen in der französischen Binnenschifffahrt zu einheitlichen Abmessungen der Schleusen (38,5 m x 5,1 m) und der Schiffstunnel.

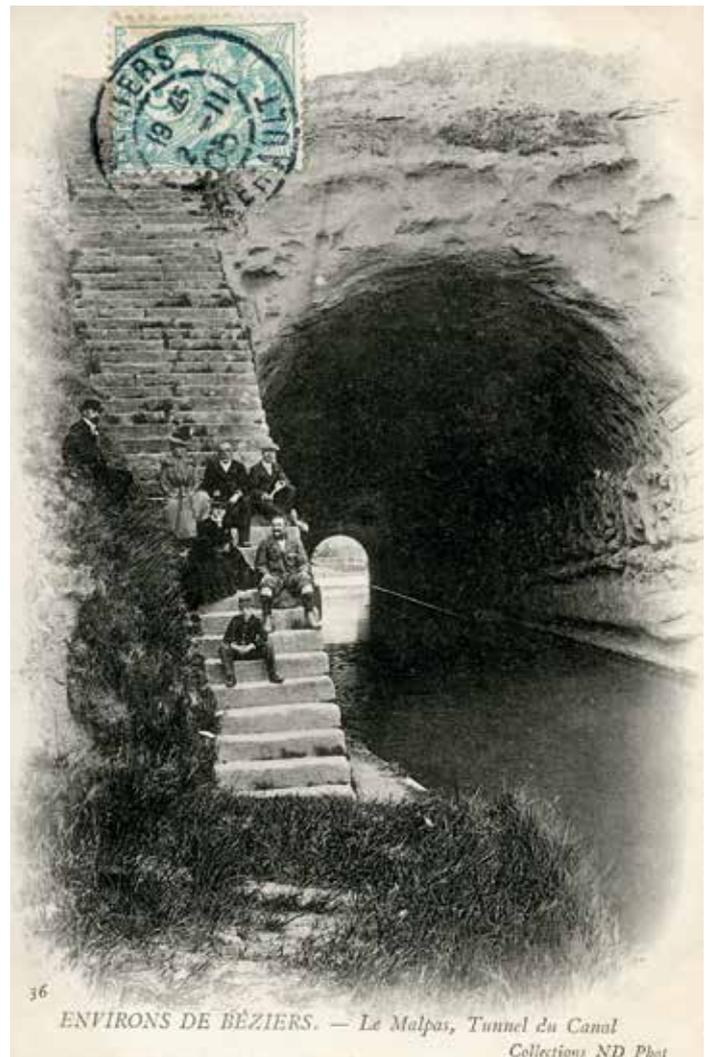


Abb. 6: Der Schiffstunnel von Malpas des Canal du Midi (1679-1680), der älteste Schiffstunnel der Welt. (Postkarte, gelaufen 1905, Sammlung Rainier Slotta)

Der älteste Schiffstunnel Frankreichs (und der Welt) wurde als Teil des Canal du Midi bei Malpas (bei Beziers) (Abb. 6) im Jahre 1679/1680 zu Zeiten des damaligen Finanzministers Nicolas Fouquet (1615-1680) durch einen kurzen Felsrücken von 167 m Länge aus sehr weichem Kalkstein aufgeföhren. Unabhängig vom Alter der Tunnel und von den Eigenarten, die der Lagerstätte, Geologie, Landschaft und der Zeitstellung geschuldet sind, zeigen alle französischen Tunnel gewisse Gleichartigkeiten. Die Länge der grundsätzlich gerade aufgeföhrenen Schiffstunnel richtet sich wie auch bei den englischen Beispielen nach den örtlichen Gegebenheiten: Der längste, um 1768 begonnene und nach fünfjähriger Bauzeit unvollendet verlassene Schiffstunnel (des so genannten „Projet Laurent“ als Vorläufer des Canal de St. Quentin) sollte der von Vendhuile im Norden Frankreichs mit 13.700 m Länge werden.<sup>8</sup> Ein weiterer Schiffstunnel (Le Rove) (Abb. 7), der von 1913 bis 1927 erbaut wurde und dem Canal de la Rhône à Marseille zugehört, zählt mit einer Länge von 7.210 m zu den herausragenden französischen Ingenieurbauten; er stürzte allerdings im Jahre 1963 ein und wurde bislang nicht wieder aufgeföhrt. Der dem Canal de St. Quentin zugehörige Schiffstunnel von Riqueval wurde in den Jahren 1802 bis 1810 mit einer Län-



Abb. 7: Der Schiffstunnel von Le Rove des Canal de la Rhône à Marseille (1923-1926). (Postkarte, undatiert, Sammlung Rainer Slotta)



Abb. 8: Der Schiffstunnel von Torcy des Canal du Centre bei Le Creusot (1796-1787?). (© Foto: Rainer Slotta)

ge von 5.670 m aufgefahren und ist noch heute in Betrieb; gleiches gilt für den 4.350 m langen und im Jahre 1908 aufgefahrenen Tunnel von Ruyaulcourt des Canal du Nord. Alle anderen französischen Schiffstunnel weisen geringere Längenerstreckungen auf.

Auch die Breite der Tunnel ist weitgehend normiert und richtet sich nach den Abmessungen des so genannten Freycinet-Schiffs (300 t-Schiff). Deshalb besitzen die Schiffstunnel auch nur selten Durchfahrtsbreiten für zwei nebeneinander fahrende Schiffe. Eine Ausnahme bilden die Schiffstunnel von Le Rove (Canal de la Rhône à Marseille) und von Condes (Canal de la Marne à la Saône), die für zwei nebeneinander fahrende Schiffe ausgelegt sind, und der von Ruyaulcourt (Canal du Nord), der in seiner Mitte durch eine „Ausweichstelle“ das Vorbeifahren zweier entgegenkommender Schiffe ermöglicht. In der Regel aber herrscht in den Tunneln Blockverkehr (Einbahnverkehr). Zur Tunnelbreite können im Gegensatz zu den meisten englischen Beispielen noch ein (oder zwei) Treidelpfade an den Seiten hinzukommen: Der größte Tunnelquerschnitt eines französischen Beispiels (Schiffstunnel Le Rove) betrug 390 m<sup>2</sup> mit einer Breite von 20 m (inklusive zwei Treidelpfaden) und einer Höhe von 14,5 m. Es existieren aber – bei den älteren Schiffstunneln vor der Freycinet-Normierung der Kanäle – auch einige schmale Tunnel ohne Treidelpfade, die in einem Falle gerade die Schiffsabmessungen eines 12 m langen, 2 m breiten, maximal 10 t fassenden und nur 0,6 m Tiefgang aufweisenden Schiffes erreichen wie der Schiffstunnel von Torcy des Canal du Centre (Abb. 8) mit einer Breite von lediglich 2,6 m, der um 1830 aufgefahren wurde. Dort mussten die Schiffe mit der von englischen Vorbildern übernommenen Methode des „legging“ fortbewegt werden. Charakteristische Schiffstunnel ohne seitliche Treidelpfade sind z. B. jene von Pouilly-en-Auxois (Canal de Bourgogne) (Abb. 9), St. Albin (Abb. 10) und Savoyeux (beide Schiffstunnel sind Teile der kanalisiert Saône), Rive de-Gier (Canal de Givors) und Ham-sur-Meuse (Canal de la Meuse). In der Regel besitzen die französischen Schiffstunnel aber meistens mindestens einen seitlichen Treidelpfad.

Die französischen Schiffstunnel wurden in der Regel im frühen 20. Jahrhundert mit elektrisch angetriebenen Zugschiffen ausgestattet (z. B. der 1832 vollendete, 3.349 m lange Schiffstunnel des Canal de Bourgogne bei Pouilly-en-Auxois). Bei einigen Tunneln waren auch Dampfschlepper im Einsatz (heute kein Beispiel mehr vorhanden) oder aber sie wurden mit Schleppkähnen für



Abb. 9: Der Schiffstunnel von Pouilly-en-Auxois des Canal de Bourgogne (1775-1832). (Postkarte, undatiert, Sammlung Rainer Slotta)

Abb. 10: Der Schiffstunnel von St. Albin der kanalisiert Saône (1838-1875). (© Foto: Rainer Slotta)





Abb. 11: Der Schiffstunnel von Riqueval des Canal de Saint-Quentin (1802-1810). (Postkarte, undatiert, Sammlung Rainer Slotta)

die Kettenschiffahrt ausgerüstet (heute noch in Riqueval (Canal de St. Quentin) (Abb. 11) und in Mauvages (Canal de la Marne au Rhin) in Betrieb). Dort werden die Schiffe in den Schiffstunneln vorgelagerten Kanalhäfen zu Zugeinheiten zusammengestellt und zu bestimmten festgelegten Zeiten durch den Schiffstunnel geschleppt.

Eine Besonderheit im Schiffsverkehr im Tunnel bestand im Schiffstunnel von Riqueval, in dem ein durch Pferde angetriebenes Windensystem bestand. Dieses 1861 eingeführte und bis 1867 angewendete System hatte den Vorteil, dass die Pferde zum Treideln nicht auf den schmalen Pfaden rechts und links des Kanals entlanglaufen mussten. Dazu hatte man ein Zugschiff in der Art eines schwimmenden, hölzernen Pontons mit einer beidseitig die Bordwände überstehenden Bühne in Betrieb genommen, auf der bis zu acht Pferde wie bei einem Karussell einen drehbaren Spill in der Mitte antrieben, das mit einer Trommel unterhalb der Bühne verbunden war. Ein Seil, das alle 200 m an den Tunnelstößen eingehakt werden konnte, lief über die sich drehende Trommel unterhalb der Bühne und wurde anschließend an ein kleineres Boot vor dem eigentlichen Zugboot übergeben und dort aufgerollt. Auf diese Weise konnte man auf die beiden Treidelpfade im Schiffstunnel von Riqueval verzichten, die Tunnelbreite von 4,4 m auf 6,6 m vergrößern sowie den Wasserwiderstand und die Fahrtzeit durch den Tunnel erheblich reduzieren.<sup>9</sup>

Die Methode des Auffahrens der Schiffstunnel war abhängig von seiner Länge und vom Gebirge. Der nur 167 m lange Tunnel von Malpas des Canal du Midi wurde in weichem Kalk aufgefahren, was keine Schwierigkeiten für die Vortriebsmannschaften bereitete, da das Material fingernagelritzbar war. Auch die in den späten 1870er-Jahren aufgefahrenen, kurzen Schiffstunnel der kanalisiertes Maas von Koeur und Verdun in Lothringen bereiteten ebenso wie andere kurze Tunnelbauwerke keine besonderen Schwierigkeiten; über 500 m lange oder sogar mehrere Kilometer lange Tunnelbauten stellten die Erbauer wegen der oft aufgetretenen Wetterschwierigkeiten aber vor erhebliche Probleme und machten mehrere Wetterschächte notwendig. Diese Schächte mussten wie Lichtlöcher beim bergmännischen Stollenbau in Abständen von über Tage abgeteuft und mit meist turmartigen Schutzbauten versehen werden, die regelmäßig überwacht und durch Gitter vor hereinfließendem Gut bewahrt werden mussten. Der 5.670 m lange Schiffstunnel von Riqueval des Canal de St. Quentin besitzt nicht weniger als neun Wetterschächte, der des

Canal de Bourgogne bei Pouilly-en-Auxois sogar 19! Mit Ausnahme des Schiffstunnels von Ruyaulcourt, der über einen Wetterschacht mit Ventilator in der Tunnelmitte verfügt, ist die Bewetterung aller französischen Schiffstunnel natürlich.

Das Auffahren der längeren Schiffstunnel erfolgte meist gleichzeitig von mehreren Stellen von den beiden Mundlöchern und von den Wetterschächten aus. Die Stellen dieses „Gegenortbetriebs“ markieren bis heute die beim Abteufen der Schächte als Folgen entstandenen Halden an der Tagesoberfläche der Schiffstunneltrassen, die als Ablagerungsorte in unmittelbarer Nähe der Schächte anzutreffen sind. Bis heute zeigen diese Bergehalden den Verlauf der Schiffstunnel und die Lage der Wetterschächte an; sie liegen oft auch entlang der Pfade, auf denen die zum Treideln benötigten Pferde an der Tagesoberfläche entlanggeführt wurden, weil sie ausgespannt werden mussten, wenn im Tunnelinneren keine Treidelpfade vorhanden waren. Die Pferdeführer mussten dann die Zugpferde vor dem Mundloch des Tunnels ausspannen, führten sie über den Berg zum gegenüberliegenden, zweiten Mundloch und spannten sie dort wieder vor das Schiff. Auch der Ausbau der Schiffstunnel ist unterschiedlich: Schiffstunnel können in festem Gebirge stehen und/oder eine Ausmauerung aufweisen. Der im Jahre 1833 aufgefahrne Tunnel von Besancon des Canal du Rhône au Rhin und der von Revin an der kanalisiertes Meuse/Maas stehen im gewachsenen Felsen und besitzen keinen Ausbau, während der schon erwähnte Tunnel von Riqueval seinen gesamten Verlauf in Backsteinmauerwerk gesetzt hat. Jüngst sind auch Schiffstunnel nachträglich mit Spritzbeton verkleidet worden – so der Tunnel von La Thoraise des Canal du Rhône au Rhin (bei Besancon) aus den Jahren 1804-1810.

Bisweilen mussten sich die Wasserbauingenieure bei der Anlage von Kanälen in Scheitelhaltungen zwischen Schiffstunneln und tiefen Einschnitten entscheiden. Im Falle des Canal de Nivernais liegen drei Schiffstunnel nahe hintereinander, wobei zwei (Breuilles und Mouas) (Abb. 12) aus einem Einschnitt mit nachträglicher Überwölbung entstanden sind. Auch der die Seine und die Marne verbindende und Paris durchschneidende Canal St. Martin hat seinen Streckenverlauf auf vier Streckenabschnitten nachträglich überwölbt. Während der Bauaktivitäten des Stadtplaners Georges-Eugène Haussmann (1809-1899) ist z. B. auf diese Weise in den Jahren 1859/1860 auf 1.510 m Länge der Boulevard

Abb. 12: Der Schiffstunnel von Mouas des Canal du Nivernais (1786-1842). (© Foto: Rainer Slotta)



Tab. 2: Schiffstunnel in Frankreich

Ort	Kanal	Bauzeit	Länge (m)	Technische Daten
Malpas	Canal du Midi	1679-1680	167	H 7,80 m, B 7,35 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Rive-de-Gier	Canal de Givors	1763-1768	166	B 3,3 m, kein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Vendhuile	Canal de St. Quentin	1768-1773	13.700	Arbeiten vor der Fertigstellung des Schiffstunnels eingestellt
Pouilly-en-Auxois	Canal de Bourgogne	1775-1832	3.349	H 6,65 m, B 6,2 m, kein Treidelpfad, 19 Wetterschächte
Torcy	Canal du Centre	1786-1787 (?)	ca. 1.200	H 2,8 m, B 2,6 m, kein Treidelpfad, vier Wetterschächte
Colancelle	Canal du Nivernais	1786-1842	758	H 6,8 m, B 7,15 m, ein Treidelpfad, vier Wetterschächte
Mouas	Canal du Nivernais	1786-1842	268	H 7 m, B 7,15 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Breuilles	Canal du Nivernais	1786-1842	212	H 7 m, B 7,15 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Tronquoy	Canal de St. Quentin	1802-1810	1.098	H 9 m, B 8 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Riqueval (Bony)	Canal de St. Quentin	1802-1810	5.670	H 9 m, B 8 m, ein Treidelpfad, neun Wetterschächte
St. Maur	kanalisierte Marne	1807-1821	597	H 12 m, B 10 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Paris (Voûte de la Bastille)	Canal St. Martin	1821	180	H 6,5 m, B 11,10 m, zwei Treidelpfade, kein Wetterschacht
Paris (Voûte Lafayette)	Canal St. Martin	1825	103	H 7,7 m, B 8 m, kein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Roubaix		1825/1843	? unvollendet	?
St. Albin	kanalisierte Saone	1838-1875	680	H 7,62 m, B 7 m, kein Treidelpfad, ein Wetterschacht
Arzwiller	Canal de la Marne au Rhin	1839-1849	2.306	H 9,4 m, B 6,2 m, ein Treidelpfad, sechs Wetterschächte
Niderviller	Canal de la Marne au Rhin	1839-1849	475	H ca. 9,2 m, B ca. 8 m, kein Treidelpfad, sechs Wetterschächte
Foug	Canal de la Marne au Rhin	1839-1845	866	H ca. 9 m, B 8 m, ein Treidelpfad, ein Wetterschacht
Savoieux	kanalisierte Saône	1840-1899	644,5	H 7,5 m, B 7 m, kein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Mauvages	Canal de la Marne au Rhin	1841-1849	4.889	H 8,45 m, B 7,8 m, ein Treidelpfad, drei Wetterschächte, 24 Lichtlöcher
Chalifert	Marne	1843-1845	292	H 7,2 m, B 9 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Capdenac	kanalisierter Lot	1840er Jahre?	?	?
Montbrun	kanalisierter Lot	1840er-Jahre?	?	?
Cajarc	kanalisierter Lot	1840er Jahre?	?	?
Liverdun	Canal de la Marne au Rhin	um 1850	388	ein Treidelpfad, kein Wetterschacht, Kanaltrasse stillgelegt
Billy-le Grand	Canal de l' Aisne à la Marne	1855	2.302	H 9,4 m, B 7,8 m, ein Treidelpfad, drei Wetterschächte
Paris (Voûte Richard Lenoir)	Canal St. Martin	1859-1860	1.510	H 8 m, B 19,5 m, zwei Treidelpfade, 31 Wetterschächte
Revin	Canal de la Meuse	1870-1876	225	H 7,9 m, B 7 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Verdun	Canal de la Meuse	1876-1877	47	H 6,1 m, B 6 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Koeur	Canal de la Meuse	1877-1878	50	H 7,75 m, B 5,8 m, ein (zwei) Treidelpfad(e), kein Wetterschacht
Ham	Canal de la Meuse	1877-1880	564	H 7 m, B 6,5 m, kein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Besancon (Tarragnoz)	Canal du Rhône au Rhin	1878-1882	388	H 8,2 m, B 9,5 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Balesmes-sur-Marne	Canal de la Marne au Saône	1879-1888	4.823	H 8,8 m, B 8 m, ein Treidelpfad, zwei Wetterschächte, 24 Lichtlöcher
Châlonvillars	Canal de la Haute-Saône	1880-1884	1.330	sechs Wetterschächte, aufgegeben und unvollendet
Braye-en-Laonnois	Canal de l' Oise à la Marne	1881-1890	2.365	H 8,5 m, B 8 m, ein Treidelpfad, vier Wetterschächte, ein Lichtloch
Condes	Canal de la Marne à la Saône	1884	308	H 11 m, B 16 m, zwei Treidelpfade, kein Wetterschacht
Chérimont (La Forêt)	Canal de la Haute-Saône	1884-1886	640	drei Wetterschächte, aufgegeben und unvollendet
St. Aignan	Canal des Ardennes	1892	197	H 9,5 m, B 4,75 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
La Thoraise	Canal du Rhône au Rhin	1894-1910	185	H 9,10 m, B 5,85 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht
Paris (Voûte du Temple)	Canal St. Martin	1906-1907	242	H 7,7 m, B 27 m, zwei Treidelpfade, sechs Wetterschächte
Ruyaulcourt	Canal du Nord	1908 (1965)	4.350	H 10,2 m, B 10,6 m (16 m), zwei Treidelpfade, drei Wetterschächte, drei Lichtlöcher
La Panneterie	Canal du Nord	1908-1914	1.060	H 8,9 m, B 9 m, zwei Treidelpfade, ein Wetterschacht
Le Rove	Canal de la Rhône à Marseille	1923-1926	7.120	H 14,5 m, B. 20 m, zwei Treidelpfade, zwei Wetterschächte (eingestürzt)
Nantes (Saint-Félix)	Canal de Nantes à Brest	1929-1933	730	H 13 m, B 10 m, ein Treidelpfad, kein Wetterschacht

Richard Lenoir mit seinen Grünanlagen und mehr als 30 Lichtlöchern bzw. Wetterschächten über dem Kanalverlauf entstanden. Schiffstunnel sind Ingenieursbauwerke von hohem Anspruch und wollten daher auch in Frankreich bisweilen besonders repräsentativ gestaltet werden – das betrifft vor allem die Mundlöcher und Eingangsbauwerke, die bisweilen mit einer monumentalen Architektur oder mit Inschrifttafeln ausgestattet worden sind. Eine besonders auffallende Inschrift in vergoldeten Lettern auf grauem Stein zeigt das Mundloch des Schiffstunnels von Riqueval des Canal de St. Quentin (1802-1810), die voller Stolz auf Kaiser Napoleon Bezug nimmt: Dort liest man „Napoleon Empereur et Roi / a fait ouvrir le Canal de St. Quentin qui reunit les Bassin de la Seine et de l’Escaut, / commencé en 1802 et terminé en 1810 sous les ministres des comtes Creté<sup>10</sup> et de Montalivet<sup>11</sup>, / ce Canal de St. Quentin executé sous la direction de A. N. Gayant“<sup>12</sup> („Kaiser und König Napoleon hat den Canal de St. Quentin eröffnen lassen. Er verbindet das Gebiet der Seine mit dem der Schelde, er wurde begonnen im Jahre 1802 und vollendet im Jahre 1810 unter den Ministern Graf Creté und Montalivet. Dieser Canal de St. Quentin stand in seiner Ausführung unter der Leitung von A.N. Gayant“). Hingewiesen werden muss auch auf die von 1838/1840 bis zur 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts ausgeführten, sehr aufwändigen und großzügig angelegten Schiffstunnel der kanalisierten Saône von St. Albin und Savoyeux sowie auf die monumentale Portalarchitektur des Schiffstunnels von Le Rove des Canal de la Rhône à Marseille (um 1926). Bei den Beispielen an der Saône sind prachtvolle, den Kanalverlauf begleitende Böschungsmauern, sorgfältig gepflasterte Wege und z. T. sogar aufwändige Brückenbauten entstanden, bei dem südfranzösischen Beispiel beeindruckend die kräftigen, wuchtigen Portale und die eindrucksvoll in die Küstenlandschaft eingespannten Architekturen.

Über Unglücksfälle beim Auffahren von Schiffstunneln liegen verlässliche Nachrichten nur in Einzelfällen vor. Eine Ausnahme bildet der Fall des Schiffstunnels von Bray-en-Laonnois (Canal de l’Oise à l’Aisne). Dort kamen bei der Auffahrung im Tunnel während der Jahre 1879 bis 1890 insgesamt 17 Arbeiter bei einer Gasexplosion ums Leben. Bei der Auffahrung des kleinen Tunnels von Torcy bei Le Creusot war ein Toter zu beklagen.<sup>13</sup> Nochmals betont werden muss, dass Schiffstunnel und Scheithaltungen kostspielige und wasserbautechnisch höchst komplizierte Zusatzanlagen wie Talsperren, Zulaufkanäle, Hebewerke, Überläufe und Brückenbauwerke vor allem in bergigem Gelände erforderlich gemacht haben. Insofern sind Schiffstunnel immer auch Teile einer Ingenieur-Gesamtleistung von hoher Ingeniosität.

## Schiffstunnel in deutschen Wasserstraßen

Ein Überblick über die Wasserstraßen in der Bundesrepublik Deutschland zeigt, dass in Deutschland nur wenige Schiffstunnel existieren. Als das älteste in Deutschland anzutreffende Beispiel gilt der Schiffstunnel des sächsischen Bergwerkskanals, der vom Kunstmeister Johann Friedrich Mende (1743-1798) in den Jahren 1822/1823 angelegt (nach Anfängen in den Jahren 1788/1789) wurde, die Metallerzgrube Churprinz bei Großschirma mit Aufschlagwasser versorgte und zugleich den Transport von Fördererzen zum Hüttenwerk Halsbrücke mit Kähnen ermöglichte. Die 2,5 t bis 3 t fassenden, 8,5 m langen Schiffe sind dabei aus der Freiburger Mulde unterhalb des Hüttenwerks Halsbrücke mit

dem ältesten Schiffshebewerk der Welt in den rd. 10 m höher gelegenen sogenannten Bergwerkskanal gehoben worden. Neben diesem Hebewerk wurde im Verlauf des Churprinzer Bergwerkskanals im Tal des Kleinwaltersdorfer Bachs ein mit Gneis-Trockenmauerwerk überwölbter, schmuckloser Schiffstunnel von 118 m Länge (ohne seitlichen Treidelpfad), 3 m Breite und 4 m Höhe offenbar nach englischem Vorbild von etwa 20 Bergleuten angelegt, sodass dieser vergleichsweise „kleine“ Wasserlauf zwei bedeutende wasserbautechnische Ingenieursleistungen aufweist. Der Verkehr auf dem Kanal wurde 1863 eingestellt.<sup>14</sup>

Das bekanntere Beispiel eines deutschen Schiffstunnels ist das von Weilburg an der Lahn (Abb. 13): Dieser 182 m lange, 6,3 m hohe und 5,6 m breite Tunnel durchschneidet eine Lahnschleife und bildet zusammen mit der vor dem talseitigen Mundloch gelegenen Kuppelschleuse eines der bedeutendsten technischen Denkmale Hessens: Nach der Schiffbarmachung der Lahn ab 1838 in den Jahren 1843 bis 1847 unter Adolph Herzog von Nassau errichtet, verloren sowohl der Schiffahrtsweg als auch der Schiffstunnel bereits 15 Jahre später mit der Fertigstellung der Lahntal-Eisenbahn ihre verkehrstechnische und wirtschaftliche Bedeutung. Die aufwändig gestalteten, repräsentativen klassizistischen Portale mit ihren rundbogigen Mundlöchern inmitten der aus sorgfältig behauenen und gesetzten Kalksteinquadern aufgeführten Mauern, die mit Wandpfeilern und Akroteren geschmückt sind, tragen die lateinischen und deutschen Inschriften „ADOLPHUS / DUX NASSOVIAE / MONTIS JUGUM PERFOSSUM / NAVIBUS APERUIT / A.D. MDCCCXLVII“ („Adolph Herzog von

Abb. 13: Der Schiffstunnel der kanalisierten Lahn in Weilburg (1847). (© Foto: Rainer Slotta)

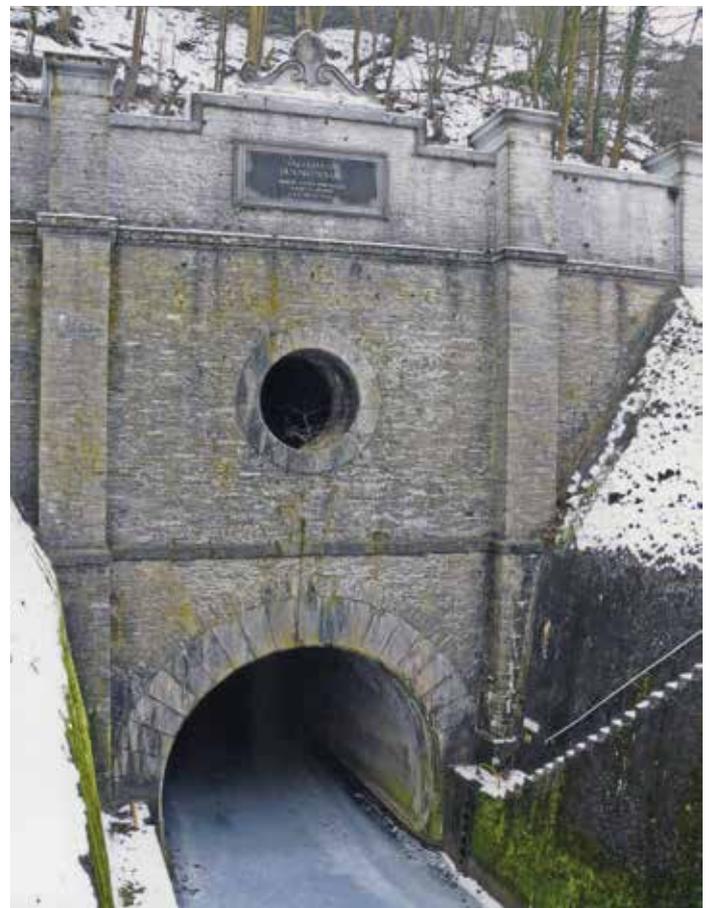




Abb. 14: Der Schiffstunnel des Rüdersdorfer Bülow-Kanals (1815/1816). (© Foto: Rainer Slotta)

Nassau hat den Rücken des Berges durchstochen und den Schiffen geöffnet. Anno Domini 1847“) und „Adolph Herzog von Nassau / der Schifffahrt 1847“. Der Schiffstunnel besitzt keinen Treidelpfad. Das aus Kalksteinquadern aufgeführte Tunnelgewölbe wurde im Jahre 1977 durch Baustahlmatten und eine im Torkretverfahren aufgetragene Betonschicht verstärkt.<sup>15</sup>

Außerdem sind mindestens vier Beispiele von Kanaltunneln im Zusammenhang mit dem riesigen Kalksteinbruch Rüdersdorf bei Berlin aufgefahen worden: Dabei sind die Ränder des Tagebaus mehrfach mit Tunnelbauwerken durchörtert worden, um die Kalksteinblöcke aus dem Tagebau mit Hilfe von Kähnen auf dem Wasserweg zu den Großbaustellen nach Berlin transportieren zu können. Dort sind die prächtigen Bauten des preußischen Klassizismus mit dem gut bearbeitbaren Baumaterial errichtet worden. Erst als in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts der Kalksteintagebau immer größere Teufen erreichte und die Abbausohlen unterhalb des Niveaus der natürlichen Wasserläufe zu liegen kamen, sodass der Transport auf dem Wasserwege unmöglich wurde, gab man diese Art auf.

Welche Bedeutung man diesen Wasserstrecken mit ihren Kanaltunneln zur Erbauungszeit beigemessen hat, belegen die Mundlöcher, die mit künstlerisch bedeutsamen, repräsentativen Portalbauten aus einheimischen Kalkstein versehen wurden. Die Anlage der Rüdersdorfer Kanäle mit ihren Schiffstunneln geht ebenso wie die des Fuchsstollens in Waldenburg/Walbrzych und

die des Hauptschlüsselstollens in Zabrze auf Friedrich Wilhelm von Reden (1752-1815) zurück, der ein glühender Verfechter des Wassertransportes in Bergwerken war.

Das Mundloch des Heinitzkanals wurde im Jahre 1804 erbaut und ist das älteste Beispiel eines Rüdersdorfer Kanaltunnels. Es zeigt ein rundbogiges Portal zwischen zwei Pylonen, an denen zwei große gusseiserne Ringe hängen. Die Stirnseite besitzt eine gusseiserne Tafel mit der Inschrift „HEINITZ-KANAL MDCCCIII“ in Antiquakapitalien. Die Tunnelarbeiten begannen 1801, schon 1804 war der etwa 110 m lange und 5 m breite Kanal fertiggestellt, das Mundloch mit der Inschrifttafel wurde erst nach 1808 eingeweiht. Der Heinitzkanal wurde 1841 zugeschüttet. Die historische Portalarchitektur wurde 1997/1998 vom Bergbauverein Rüdersdorf restauriert und ist oberhalb des Wasserspiegels auf einer Länge von 70 m im Originalzustand erhalten geblieben. Seit 1994 und nach einer Renovierung wird er als Versammlungsstätte genutzt.

Der 1815/1816 erbaute Bülowkanal (Abb. 14) stellte die zweite Verbindung zwischen dem Tagebau und dem Wasserweg nach Berlin dar; er hatte eine Länge von 88 m, eine Breite von 7,3 m und eine Höhe von 3,5 m. Im Unterschied zu den anderen Rüdersdorfer Kanalbauten wurde das untertägige Kanalteil nicht durch einen Stollenvortrieb, sondern als Einschnitt von über Tage aus hergestellt, anschließend überwölbt und mit Abraummassen überdeckt. Sein Mundloch aus Kalkstein liegt wie das



Abb. 15: Der Schiffstunnel des Rüdersdorfer Reden-Kanals (1820-1827). (Postkarte, undatiert, Sammlung Rainer Slotta)

des Heinitzkanals auf der Westseite des Tagebaus, der niedrige Bogen zur Öffnung des Kanals wird links und rechts durch zwei Pylone mit ringtragenden eisernen Löwenhäuptern eingefasst. Ein Gesims auf Konsolen und ein Dreiecksgiebel sind darüber angeordnet, die Stirnseite zeigt eine Eisentafel mit der Inschrift „Bülow-Kanal MDCCCXVI“ in Antiqualettern. Der Entwurf stammt von Bauinspektor Johann Gottlieb Schlätzer (Schlötzer), Tafel und Löwenköpfe entstanden in der Königlichen Eisengießerei in Berlin. Der Kanal wurde in den 1980er-Jahren verfüllt.

Ein dritter Schiffstunnel, der zum so genannten Redenkanal (Abb. 15) gehörte, lag im „Alten Grunde“ in Kalkberge und wurde bereits 1777 als Stollen aufgeföhren und bis 1806 als Tagesförderstrecke für eiserne Förderwagen ausgebaut. Der abgebaute Kalkstein wurde mit den Förderwagen durch den Redentunnel bis zum Kesselsee geföhren, dort auf Prahme umgeladen und durch den so genannten Kalkgraben auf dem Wasserweg weiterbeföhrt. Das Mundloch des 216 m langen, 9,1 m breiten und 5,5 m (über Wasserniveau) hohen Redenkanals war 1806 mit einem Rundbogen versehen worden, der in „ägyptischem“ Stil gehaltene Quaderpfeiler, einen schweren Schlussstein und eine mächtige Rundbogenwölbung aufwies. Der Ausbau des Redentunnels zu einem Kanal begann 1820, 1827 konnte der Kanal in Betrieb genommen werden, sodass die Lastkähne direkt im Steinbruch beladen werden konnten. Der Redenkanal wurde bis 1897 genutzt, ein Jahr später wurde er trockengelegt. Am Entwurf des Eingangsportals zum Kesselsee waren Christian Friedrich Tieck (1776-1751) und Christian Daniel Rauch (1777-1857) sowie Karl Friedrich Schinkel (1781-1841) beteiligt. Es öffnete sich mit einem vierfach abgetreppten, verhältnismäßig tief liegenden Bogen zwischen zwei stark vorgezogenen Seitenwangen, die mit dem Mittelteil durch ein Gesims zusammengeschlossen waren. An den vorspringenden Seitenteilen waren rechteckige Sitznischen mit Steintischen angebracht gewesen. Über den Gewölbbögen, an der Stirnwand befanden sich drei Büsten, die die Könige Friedrich II., Friedrich Wilhelm II. und Friedrich Wilhelm III. darstellten. Zwischen den drei Porträtbüsten der Stirnseite befanden sich Inschriften mit dem Wortlaut „REDEN-KANAL als Strecke fahrbar im Jahre 1806“ sowie „schiffbar vollendet im Jahre 1827“. 1860 fügte man an der Innenseite der Seitenwangen die von dem Berliner Bildhauer Theodor Kalide geschaffenen Köpfe der Minister von Heinitz und Graf von Reden hinzu. Dieses wahrscheinlich schönste und aufwändigste Portal eines Schiffstunnels überhaupt wurde schon 1897 geschlossen, in den 1970er Jahren mit Erdschutt zugeschüttet und überdeckt, um es gegen bergbaulich bedingte Sprengauswirkungen zu schützen. Nach anderslautenden Nachrichten ist das Portal schon vor 1914 im Zuge einer Tagebauerweiterung beseitigt worden. Die Lage des Mundlochs ist nicht mehr eruierbar, der Erhaltungszustand ist deshalb unbekannt.

Um auch den Transport von Steinmaterial für die Brüche östlich des Tasdorf-Rüdersdorfer Weges zu nutzen, nahm man in den 1830er Jahren noch weitere Wasserwege in Betrieb. Sie blieben bis 1902 in Betrieb, ein vierter Kanaltunnel soll bestanden haben; über ihn liegen keine Nachrichten vor.<sup>16</sup>

Gegenwärtig führt die neu zu gestaltende Wasser- und Seenlandschaft im Braunkohlengebiet der Lausitz und ihre Nutzung als Wassersport- und Freizeitgelände wieder zur Entstehung von Schiffstunneln, nämlich immer dann, wenn neu anzulegende Wasserstraßen als Verbindungsstrecken zwischen zwei entstandenen Seen – d. h. mit Wasser gefüllte ehemalige Tagebaue – unter Straßen oder Wegen hindurchgeführt und überwölbt werden und somit Kanaltunnel entstehen.<sup>17</sup>

## Schiffstunnel in Belgien, den Niederlanden und Luxemburg

Während des 19. Jahrhunderts wurden in den BENELUX-Ländern zwischen den Flussläufen der Yser/IJzer und der Lys/Leie, zwischen der Lys/Leie und der Escaut/Schelde, zwischen der Escaut/Schelde und der Meuse/Maas sowie zwischen der Meuse/Maas und der Mosel mehrere Wasserstraßen mit Schiffstunneln geplant und z. T. auch erbaut. Von insgesamt sechs Tunnelprojekten wurden aber nur drei vollendet und die Schiffstunnel auch in Betrieb genommen, zwei Versuche, einen Schiffstunnel in dem Kanal von Comines/Komen zu erbauen, der die Leie und die IJzer verbinden sollte, schlugen fehl. Ebenso gelang es nicht, die Maas mit der Mosel mit einem Kanal und einem Schiffstunnel zu verbinden. Lediglich die Schiffstunnel im Kanal von Brüssel nach Charleroi und von Bossuit nach Kortrijk wurden vollendet und in Betrieb genommen. Auch der Canal de Roubaix, der auf französischem Territorium, aber unmittelbar an der französisch-belgischen Grenze verlaufen und die Schelde mit der Leie verbinden sollte, wurde mit seinem geplanten Schiffstunnel nicht realisiert.

Das wohl ehrgeizigste, ungewöhnlichste Projekt betraf den unvollendeten Kanal von der Maas zur Mosel, der auf luxemburgischem Gebiet bei Hoffelt/Bernistap (Abb. 16) einen begonnenen, aufgrund seiner geringen Abmessungen an englische Tunnelbauwerke erinnernden Schiffstunnel inmitten bergigen Geländes besitzt. Der Schiffstunnel de la Bête Refaite (Abb. 17) bei Godarville, der zu dem Canal du Centre zählt, der Brüssel mit dem Kohlerevier bei Chareroi verbindet, durchsticht die Wasserscheide und war ein Teil des heute erneuerten, ehemals für 70 t-Schiffe und heute für Europaschiffe mit 1.350 t Fassungsvermögen ausgelegten Kanals. Die Kanalarbeiten setzten im Jahre 1827 ein, am 22. September 1832 wurde der Kanal in Betrieb genommen. Der 1.267 m lange Schiffstunnel besaß eine Breite von lediglich 3 m, war offenbar nach englischem Vorbild geplant worden und wurde durch den zwischen 1882 und 1885 erbauten, erheblich weiträumigeren Ersatzstunnel von Godarville von 1.050 m Länge, 8 m Breite und 9 m Höhe ersetzt. Während der ältere Schiffstunnel als technisches Denkmal nur noch auf einer kurzen Teilstrecke



Abb. 16: Der aufgegebene Schiffstunnel von Bernistap des Maas-Mosel-Kanals (1829-1831). (© Foto: Rainer Slotta)



Abb. 17: Der Aufgegebene Schiffstunnel von Bête Refaite des Canal du Centre (1827-1832) in der Böschung des gegenwärtig genutzten Kanals. (© Foto: Rainer Slotta)

Tab. 3: Schiffstunnel in Belgien, den Niederlanden und Luxemburg

Ort	Kanal	Bauzeit	Länge (m)	Bemerkungen
Roubaix	Tunnel de Roubaix	1825 (?)-1831	?	aufgegeben, niemals in Betrieb gegangen
Godarville	Tunnel de la Bête Refaite	1827-1832	1.267	H 3 m, Tonnage: 70 t, vollendet, ersetzt durch den Tunnel de Godarville
Bernistap	Tunnel de Bernistap	1829-1831	1.130	H 2,6 m, B. 4 m, aufgegeben, niemals in Betrieb gegangen, geplante Länge: 2.528 m
Moen	Tunnel de Moen	1857-1861	611	H 6 m, Tonnage: 300 t, vollendet und in Betrieb gegangen, 1974 durch einen Tiefschnitt ersetzt
Palingbeek	Kanal de Hollenbeke	1864-1866	700	aufgegeben, niemals in Betrieb gegangen
Godarville	Tunnel de Godarville	1882-1885	1.050	H 9 m, B 8 m, Tonnage : 300 t, 2 Wetterschächte, durch einen Tiefschnitt ersetzt
Palingbeek	Kanal de Hollenbeke	1889-1893	350	aufgegeben, niemals in Betrieb gegangen

in der heutigen Kanalböschung erhalten geblieben ist, hat sich der jüngere Schiffstunnel – inzwischen ebenfalls außer Dienst gestellt – erhalten. Die Kanalstrecke der Wasserscheide zwischen der Schelde und der Maas, die im 19. Jahrhundert von den beiden Schiffstunneln durchörtert worden ist, wird heute mithilfe eines Tiefschnitts überwunden.

Der Schiffstunnel von Moen war Teil des alten, weitestgehend verschwundenen, für 300 t-Schiffe ausgelegten Kanal von Bos-suit nach Kortrijk, der zwischen 1857 und 1861 angelegt worden ist. Während der 1970er-Jahre, als man die Wasserstraße für die neuen 1.350 t-Schiffe erweiterte, wurde der Tunnel durch einen Tiefschnitt ersetzt. Der Schiffstunnel war mithilfe von neun Schächten vorgetrieben worden, während des Ersten Weltkriegs wurde er als Unterstand genutzt.

Das Projekt, die Leie mit der IJzer über einen Kanal mit der Ieperlee zu verbinden, stammt schon aus der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, wurde aber zu keinem Zeitpunkt realisiert. Vier Versuche mussten aufgrund des weichen Untergrundes bei Hollenbeke aufgegeben werden, Rutschungen und Zusammenbrüche zerstörten Brücken und auch die angefangenen Schiffstunnel. Das erste Projekt (1864-1866) sah den Bau von 14 Schleusen und eines 700 m langen Schiffstunnels vor und lag in der Domäne Palingbeek. Ein zweiter Versuch (1867-1868 und 1870-1873) sollte den Schiffstunnel durch einen Tiefschnitt ersetzen, der dritte Versuch (1889-1893) stattete den Wasserlauf vergeblich mit ei-

nem 350 m langen Schiffstunnel aus. Der vierte und letzte Versuch, den Kanal zu vollenden, fand zwischen 1909 und 1913 statt. Dazu errichtete man weitere Schleusenbauwerke, als aber die St. Elooi-Brücke einstürzte, gab man den Kanalbau auf: Der Erste Weltkrieg mit seinen Kriegshandlungen in der Umgebung von Ypern verhinderte jeden weiteren Kanal- und Schiffstunnelbau.<sup>1</sup>

## Schiffstunnel in den Vereinigten Staaten

Die Kanäle in den Vereinigten Staaten von Amerika sind nach französischem und englischem Vorbild errichtet worden: Überliefert ist die Studienreise von Präsident Thomas Jefferson zum französischen Canal du Midi, doch scheint man sich ansonsten an englischen Vorbildern orientiert zu haben, was die Abmessungen der Kanäle und der Schiffstunnel anbetrifft, die selten 500 m übertreffen. Von allen Schiffstunneln in den Vereinigten Staaten von Amerika ist – soweit dies eruiert ist – nur noch der älteste von Lebanon schiffbar und in Betrieb: Er wurde restauriert und dient heute dem Tourismus. Die Tunnel von Big und Little sind zwar erhalten, aber aufgegeben, der von Paw Paw wurde zu einem Fuß- bzw. Fahrradweg bzw. der von Mason zu einem Eisenbahntunnel umgewandelt. Die beiden Schiffstunnel von Connemaugh und Grant's Hill sind heute zugemauert bzw. zugeschüttet, für denjenigen des Cincinnati & Whitewater-Ka-

Ort	Tunnel	Kanal	Bauzeit	Länge (m)
Lebanon	Lebanon (Union)	Union	1827	222
Schuylkill	Auburn	Schuylkill-Canal	1827	137
Indiana	Conemaugh	Pennsylvania Main Line	1830	249
Allegheny	Grant's Hill	Pennsylvania Main Line	1831	251
Columbiana	Little	Sandy & Beaver	1846	247
Hamilton	Cincinnati & Whitewater	Cincinnati & Whitewater	1846	543
Columbiana	Big	Sandy & Beaver	1848	969
Ohio	Paw Paw	Chesapeake & Allegheny	1850	950
Botetourt	Mason	James River & Kanawha	1856	60

Tab. 4: Schiffstunnel in den Vereinigten Staaten von Amerika

nals bestehen Planungen, ihn wieder freizulegen und ihn als Fuß- und Fahrradweg zu nutzen. Der Schiffstunnel von Auburn schließlich wurde durch einen offenen Einschnitt ersetzt.<sup>19</sup>

### Exkurs: Projekt eines Schiffstunnels in Norwegen

Alle bislang angeführten Beispiele von Schiffstunneln betrafen Wasserstraßen im Binnenland; bis heute existiert kein Schiffstunnel, der eine Meerenge durchschneidet. Der Panama- und der Suez-Kanal als prominenteste Beispiele von Isthmus-Durchstichen kennen ebenso wie der Kanal von Korinth keinen Schiffstunnel, auch der zurzeit geplante Nicaragua-Kanal, der den Atlantik mit dem Stillen Ozean verbinden soll, benötigt keinen Schiffstunnel. Zurzeit wird aber – nach ersten Planungen in den Jahren um 1870, 1929 und 1980 – das Projekt eines Schiffstunnels erarbeitet, der auf dem Gebiet der Gemeinde Selje in der westnorwegischen Provinz Sogn og Fjordane zu liegen kommen und die Halbinsel Stadlandet durchqueren soll. Dieser Schiffstunnel wäre der erste nicht einer Binnenwasserstraße angehörende Ingenieurbau; er würde eine Schiffsroute verkürzen, die der Hochseeschifffahrt zuzurechnen ist.

Der Schiffstunnel soll die Halbinsel Stadlandet an ihrer schmalsten Stelle – einem etwa 1.700 m breiten Isthmus im Süden – durchschneiden und somit für die Schifffahrt eine Verbindung zwischen dem Moldefjord im Westen bei Eide und dem Vanylvsfjord im Osten bei Kjölde herstellen. Er würde Schiffen damit ein Umfahren von Stadlandet durch den Nordatlantik ersparen, wo besonders im Herbst und Winter sehr raue Wind- und Wasserverhältnisse mit gefährlichen Kreuzseen herrschen. An rund hundert Tagen im Jahr ist die See vor der auch „Vestkapp“ genannten Landspitze nur schwer befahrbar: Im Meer um Stad (Stadhavet) haben seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs bei 46 Havarien 33 Menschen ihr Leben verloren. Die geplante Wasserstraße würde die Verbindung zwischen Maløy und Torvik, die die Schifffahrtslinie Hurtigruten befährt, sicherer machen und soll auch von Fracht- und Kreuzfahrtschiffen genutzt werden können.

Der vom Ingenieurbüro Snøhetta entworfene Schiffstunnel soll eine Länge von 1.700 m, einen Querschnitt mit einer Höhe von 49 m, eine Breite von 36 m und eine Fläche von ungefähr 1.625 m<sup>2</sup> erreichen. Die Tunnelrinne soll rundbogig mit einem Radius von 18 m ausgeführt werden. Bei einer Wassertiefe von 12 m würde der Lichtraum über Wasser eine maximale Durchfahrts Höhe von 37 m erlauben; das Fahrwasser zwischen den beidseitig geplanten Zugangswegen, die an Treidelpfade erinnern, soll

26,5 m Breite betragen. Damit wäre der Schiffstunnel groß genug, um den Schiffen der Hurtigruten die Passage zu ermöglichen. Für den Bau des Tunnels müssen rd. 3 Mio m<sup>3</sup> Gestein aus dem Felsen gesprengt werden. Der Beginn der Bauarbeiten ist für das Jahr 2020 vorgesehen, mit der Vervollendung des Schiffstunnels soll etwa 2023 oder 2024 zu rechnen sein. Die Baukosten werden bisher mit ca. 2,7 Mio. Norwegischen Kronen (ca. 275 Mio. €) veranschlagt.<sup>20</sup>

### Resumée

Abschließend bleibt die Frage, wer die Schöpfer dieser Schiffstunnel gewesen sind: Bergleute, Wasserbauer, Steinbrucharbeiter, Bauarbeiter oder Berufsfremde (z. B. Gefangene)? Die Frage muss unentschieden bleiben, weil für jede Baumaßnahme unterschiedliche Voraussetzungen bestanden haben und Lösungen je nach den vorhandenen Voraussetzungen und Möglichkeiten gefunden worden sind. So wird man bei den ältesten britischen Schiffstunneln und schiffbaren Stollenbauten (z. B. in Worsley) Bergleute als zur Verfügung stehende Arbeitskräfte eingesetzt haben. Der Weilburger Lahntunnel ist nachweislich von Bergleuten, die im Lahn-Dill-Gebiet auf den dortigen Eisensteinbergwerken gearbeitet haben, entworfen und geschaffen worden. In Rüdersdorf hat man die angelegten Steinbrucharbeiter als Bauleute benutzt, bei den Arbeiten beim Tunnel von Pouilly-en-Auxois in Burgund wurde auf die Bergleute der nahe gelegenen Steinkohlenbergwerke von Le Creusot, Blanzay, Montceau-les-Mines und Mont-Cenis zurückgegriffen. Beim Canal de la Saône von St. Albin und beim Schiffstunnel von Riqueval des Canal de St. Quentin hat man kriegsgefangene Franzosen, Italiener, Spanier und Portugiesen als Arbeitskräfte genutzt, und in Malpas beim Canal du Midi wird man auf die beim Wasserbau angelegten heimischen Bauleute zurückgegriffen haben.

Wasserläufe sind im Bergbau – vor allem im Erz- und Steinkohlenbergbau – nachweisbar im 18. und im 19. Jahrhundert im europäischen Raum bekannt gewesen und zu Transportzwecken eingesetzt worden. Auch im deutschen Raum hat man Wasserläufe in Bergwerken zu nutzen gewusst: im Sächsischen Erzgebirge haben der Rotschönberger Stolln (1844-1882), im Mansfelder Kupferschieferrevier der Schlüsselstollen<sup>21</sup> (1751-1891), im Harz der Ernst August-Stollen (1851-1864), in Oberschlesien der Hauptschlüssel-Erbstollen<sup>22</sup> in Zabrze (1799-1854) und der Tiefe Friedrich-Stollen in Tarnowitz/Tarnowskie Góry<sup>23</sup> (1822-1834) und im Niederschlesischen Steinkohlenrevier der Waldenburger Fuchsstollen<sup>24</sup> (1771-1854) in Förderung gestanden, wobei

man die untertägig gewonnene Förderung auf dem Wasserwege mit Kähnen an die Stollenmundlöcher mit ihren Verladeeinrichtungen transportiert hat. Eine Vorreiterrolle hat dabei England besessen, das bereits spätestens in der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts eine große Anzahl an (auch untertägigen) Schiffahrtswegen gekannt hat – der älteste Schiffstunnel allerdings ist in Frankreich am Canal du Midi entstanden, der als Vorbild für die amerikanischen Kanäle gedient hat, wie überhaupt ein reger Technologietransfer im Kanal- und Schiffstunnelbau vorausgesetzt werden muss. Eine Schlüsselrolle für die deutschen Schiffstunnel und Wasserstrecken in Bergwerken hat dabei der preußische Berghauptmann Friedrich Wilhelm von Reden (1752-1815) gespielt, der als „Erfinder“ dieses Zusammenwirkens von Bergbau und Schiffstransport in Deutschland gilt. Er hat wie zahlreiche preußische Bergingenieure auf seinen Reisen in England zahlreiche Kanäle und Wasserbauanlagen besucht – darunter auch die schiffbaren Stollen in Worsley –, über seine Befahrungen berichtet und die Förderung auf Wasserwegen in Deutschland aus Kostengründen empfohlen. So schrieb von Reden mit Bezug auf seinen Besuch in Worsley: Die „Förderung mit Booten kostet dort pro Scheffel auf 100 Ltr. Länge nicht mehr als den zehnten Teil eines Penny“ und schlug deshalb vor, den „vorhandenen Fuchsstollen in Waldenburg dafür auszurüsten und einen neuen Stollen mit 3 Fuß Wassertiefe für 30 Fuß lange und 4 Fuß breite Boote für einen Transport von 40 bis 50 Scheffeln Kohle aufzufahren“. Auch für den Hauptschlüsselstollen in Zabrze schlug er einen untertägigen Wassertransport vor, wie sich überhaupt die schlesischen schiffbaren Stollen an englischen Vorbildern orientiert haben. Größere Transportkapazitäten aber waren auf dem Wasserwege seit der Mitte des 19. Jahrhunderts in Konkurrenz zur Eisenbahn nur mit größeren Kanalabmessungen zu erreichen. Dementsprechend mussten auch die Schiffstunnel ausgelegt werden, doch hat man nach dem Weilburger Schiffstunnel in Deutschland keine weiteren Schiffstunnel mehr aufgefahren. Ein neues Kapitel der Ingenieuraufgabe „Schiffstunnel“ wird dann aufgeschlagen werden, wenn jener Schiffstunnel aufgefahren wird, der die norwegische Halbinsel im Nordatlantik durchschneiden soll – aber das ist noch eine Zukunftsaufgabe. Generell aber wird man sagen dürfen, dass gegenwärtig (und wohl auch zukünftig?) nur in Ausnahmefällen noch neue Kanäle mit Schiffstunneln projiziert und aufgefahren werden dürften.<sup>25</sup>

## Anmerkungen

- 1 Vgl. Bridgewater, Francis Egerton, 3rd Duke of, in: *Encyclopaedia Britannica* 4, 1910 (London), S. 556.
- 2 Clarke 2002. Clarke erwähnt das Bergwerk von Carclaze/Cornwall, das bereits im Jahre 1720 den Parnall's Canal zum untertägigen Transport von Zinnerzen genutzt haben soll. Wenn dies zutrifft, wäre er der erste britische Schiffstunnel gewesen.
- 3 Die Abmessungen der in Bergwerken eingesetzten Kähne zum Transport von Haufwerk waren noch kleiner: Die größten, nach ihrer Verwendung in Hauptstollen („Main-Level“) auch M-Boote benannten Kähne waren etwa 15 m lang, 1,5 m breit und konnten eine Ladung von 12 t Kohle transportieren (Clarke 2002, S. 110).
- 4 Der Harecastle-Tunnel besteht aus zwei parallel verlaufenden Tunneln, die nach ihren Konstrukteuren als Brindley- und Telford-Tunnel bezeichnet werden. Heutzutage ist nur noch der Telford-Tunnel befahrbar, der Brindley-Tunnel war zu Zeiten seiner Erbauung der längste englische Schiffstunnel. Bei seinem Vortrieb im Gegenortbetrieb verwendete man 15 Schächte, seine Höhe beläuft sich lediglich auf 3,66 m bei einer Breite von 2,74 m, ein Treidelpfad existiert nicht. Im frühen 20. Jahrhundert begann sich die Tunnelfirste aufgrund

von Bergschäden teilweise abzusenken, sodass er streckenweise einstürzte. Daraufhin musste der Brindley-Tunnel 1914 für den Schiffsverkehr gesperrt werden.

- 5 Zu den Kanälen und Schiffstunneln in Großbritannien vgl. McKnight 2004; Conder 2004; ders. 1981; Hadfield 1985.
- 6 Thomas Jefferson ließ, der Überlieferung nach, seine Kutsche auf einen Kahn verfrachten und wanderte große Teile des Weges neben dem Kahn am Kanalufer entlang.
- 7 Vgl. [https://de.wikipedia.org/wiki/Charles\\_de\\_Freycinet](https://de.wikipedia.org/wiki/Charles_de_Freycinet).
- 8 Die Vortriebsarbeiten wurden im Jahre 1773 eingestellt; neun Wetereschächte waren bis zu diesem Zeitpunkt abgeteuft und die beiden Kanaltunnel-Mundlöcher angelegt. Vgl. Pugin 1982 ([http://www.histoireaisne.fr/memoires\\_numerises/chapitres/tome\\_027/Tome\\_07\\_page\\_043pdf](http://www.histoireaisne.fr/memoires_numerises/chapitres/tome_027/Tome_07_page_043pdf)).
- 9 Vgl. Lermoyez, 1863. Vgl. auch die Abbildungen im Kanalmuseum von Riqueval.
- 10 Emmanuel Cretét (1747-1809), französischer Innenminister.
- 11 Jean-Pierre Bachasson de Montavilet (1766-1823), Directeur des Ponts et Chaussées, Erbauer des Arc de Triomphe in Paris und französischer Innenminister.
- 12 Antoine-Nicolas Gayant (1756-1834), Directeur des Ponts et Chaussées.
- 13 Zu den französischen Schiffstunneln vgl. Benferhat 1995; Bligny o. J.; Centre d'Etudes techniques maritimes et fluviales 1999; Clement o. J.; Defrennes/Dhote 2006; Gast/Barbier 2000; Gast/Debru 2006; Klinger 2003; Lemoine/Mimram 1995; Menager 2009; Méténier/Revilla 1999; Parinet/Parinet 2004; Oinon 1995; Schönitz 2004; frdl. Auskünfte der französischen Wasser- und Schifffahrtsämter (Voies Navigables de France). Fluvicarte. Guide de navigation fluviale, Paris 2007/2008: No. 2: La Seine amont de Paris à Marcilly (2007); No. 3: La Marne de Paris à Vitry-le-Francois (2009); No. 8: Champagne-Ardenne (2007); No. 14: Nord-Pas-de-Calais (2007); No. 17: Canaux de la Marne-au-Rhin et Houillères de la Sarre (2007); No. 19: Bourgogne Est (2007); No. 20: Bourgogne Ouest (2008); No. 23: Belgie (2007); No. 25: La Charente de La Rochelle à Angoulême (2007).
- 14 Wagenbreth 1996; ders. 1992; Dietrich 1966; Eckoldt 1998, S. 235; Schmidt/Theile 1989, S. 27 f.; Wagenbreth/Wächtler 1986, S. 178-180, 324 (Abb. 135/136); [https://de.wikipedia.org/wiki/Erzkanal\\_im\\_Freiberger\\_Nordrevier](https://de.wikipedia.org/wiki/Erzkanal_im_Freiberger_Nordrevier); [http://www.unbekannter-bergbau.de/inhalte/spot\\_13\\_006\\_churprinzerkanal.html](http://www.unbekannter-bergbau.de/inhalte/spot_13_006_churprinzerkanal.html).
- 15 Schick 1980; Eckoldt 1973; ders. 1998, S. 92; Fuchs 1964; Rödel 1992, S. 310 f.; Dehio 1982, S. 893.
- 16 Rüdersdorfer Zement GmbH 2004; Förderverein Museumspark Baustoffindustrie Rüdersdorf e.V. (Hrsg.) 1996; Bothe 1992; Eichhorn, 2002, S. 148-153. Frdl. Hinweise von Dipl.-Ing. Klaus Else, Rüdersdorf.
- 17 Lausitzer und Mitteldeutsche Bergbau-Verwaltungsgesellschaft 2007, S. 20 f.
- 18 Zu den Schiffstunneln in Belgien, den Niederlanden und Luxemburg vgl. <http://perso.weanadoo.fr/canalderoubaix/histoire.htm>; Le Tunnel-Canal de Bernistap, in: <http://rouages.met.wallonie.be/metpub/src/actu12/p07.html>; Sterlin 1986, S. 422-456; Harsin 1931, S. 135-157; <http://users.telenet.be/karel.roose/canaltunnelsbe/canaltunnelsbe.html>; Maigre 2013.
- 19 National Register Information System ([http://nrhp.focus.nps.gov/natreg/docs/All\\_Data.html](http://nrhp.focus.nps.gov/natreg/docs/All_Data.html)).
- 20 Hebestreit, Henner: Ab durch den Berg (<http://www.3sat.de/mediathek/?mode=play&obj=66869>) (Video). Norwegen plant den Bau des weltweit ersten Schiffstunnels, in: nano.3sat, 23. Mai 2017, abgerufen am 24. Mai 2017; [www://de.wikipedia.org/wiki/Stad\\_Schiffstunnel](http://de.wikipedia.org/wiki/Stad_Schiffstunnel); <http://www.stadskiptunnel.no/>.
- 21 Spilker 2002.
- 22 Jurkiewicz 2002.
- 23 Moszny 2002; Slotta 1985, S. 225-255.
- 24 Piatek/Piatek 1988; Piatek 2002.
- 25 Und auch noch am Ende des 19. Jahrhunderts ist in Böhmen der Schwarzenbergische Schwemmkanal angelegt worden, um Holz als Brennmaterial auf dem Wasserwege aus dem Böhmerwald über den Kanal und die Donau nach Wien zu transportieren – auch dieser Kanal besitzt im Böhmerwald einen Tunnel! Vgl. Kogler 1993; Zálaha 1975.

## Bibliografie

- BENFERHAT, Kader:  
1995 *Le canal de Nantes à Brest*, Rennes 1995  
BLIGNY, Jean-Francois:  
o. J. *Le sommet du Canal de Bourgogne*, Pouilly-en-Auxois o. J.

- BÖCKING, Werner:  
1984 Schiffe auf der Saar. Geschichte der Saarschiffahrt von der Römerzeit bis zur Gegenwart, Saarbrücken 1984
- BOTHE, Rolf:  
1992 Rüdersdorf. Die Bauten in den Kalksteinbrüchen. Technologietransfer und Architektur nach 1800, in: Brandenburgische Denkmalpflege 1, 1992
- CENTRE d'ÉTUDES TECHNIQUES MARITIMES et FLUVIALES:  
1999 Catalogue des souterrains fluviaux. Inventaire et descriptif des souterrains des voies navigables, Paris 1999
- CLEMENT, Bernard (Hg.):  
o. J. Le Canal du Centre: Un équipement durable, Le Creusot-Montceau-les-Mines, o. J.
- CONDER, Tony:  
2004 Canal narrowboats and barges, Shire publications 2004
- DEFRENNES, Geoffroy /DHOTE, Samuel:  
2006 Les canaux du Nord et du Pas-de-Calais, Rennes 2006
- DEHIO, Georg:  
1982 Handbuch der deutschen Kunstdenkmäler. Hessen (bearb. v. Magnus Backes), München-Berlin 1982
- DIETRICH, E.:  
1966 Das älteste deutsche Schiffshebewerk bei Halsbrücke und der Kanal von Großschirma nach Halsbrücke, in: Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule für Verkehrswegen „Friedrich List“ in Dresden 13 (1966), S. 417-421
- ECKOLDT, Martin:  
1973 Die Schleusen der Lahn als technische Kulturdenkmäler, in: Lebendiges Rheinland-Pfalz 5, 1973, Heft 2
- 1998 Flüsse und Kanäle. Die Geschichte der deutschen Wasserstraßen, Hamburg 1998
- EICHHORN, Peter:  
2002 Die untertägigen Kanäle der Rüdersdorfer Kalksteinbrüche zur Betriebszeit des Waldenburger Fuchsstollens, in: Der Anschnitt 54 (2002), S. 148-153
- FÖRDERVEREIN MUSEUMSPARK BAUSTOFFINDUSTRIE RÜDERSDORF e. V.  
o. J. Museumspark Baustoffindustrie Rüdersdorf, o. O., o. J.
- FUCHS:  
1964 Die Lahn als Schifffahrtsweg im 19. Jahrhundert, in: Nassauische Annalen 1964
- GAST, René /BARBIER, Bruno:  
2000 Le canal du Midi et les voies navigables de l'Atlantique à la Méditerranée, Rennes 2000
- GAST, René /DEBRU, Jacques:  
2006 Der Canal du Midi. Geschichte einer technischen Meisterleistung, Rennes 2006
- HADFIELD, Charles:  
1974 British canals. An illustrated history, Newton Abbot/London/Vancouver 1974
- 1985 The canals of the West Midlands, Newton Abbot/London 1985
- HARSIN, P.:  
1931 Les projets de jonction de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin, du XVIIe au XIXe siècle, in: Annales de la Société Scientifique de Bruxelles. Sciences économiques 1931, No. 2
- JURKIEWICZ Jan Gustav:  
2002 Der Hauptschlüsselerbstollen in Zabrze, in: Der Anschnitt 54 (2002), S. 96-102
- KLINGER, Pierre:  
2003 Le Bassin de Champagne et le Canal de Saône, 2003
- KOGLER, Walter:  
1993 Der Schwarzenbergische Schwemmkanal, Wien 1993
- LAUSITZER UND MITTELDEUTSCHE BERGBAU-VERWALTUNGSGESELLSCHAFT MBH (Hg.):  
2007 Landschaften im Wandel. Lausitzer Seenland, Senftenberg 2007
- LEMOINE, Bertrand /MIMRAM, Marc:  
1995 Paris d'ingénieurs, Paris 1995
- LERMOYEZ, M.:  
1863 Sur le Touage des bateaux dans les souterrains du Canal de Saint-Quentin, in: Annales des ponts et chaussées 6 (1863) (Paris), S. 323-373
- MAIGRE, Michel:  
2013 Le canal de Charleroi à Bruxelles, Mons 2013
- McKNIGHT, Hugh:  
1981 The Shell book of inland waterways, Newton Abbot 1981
- 2005 Cruising French Waterways, London 2005
- MENAGER, Philippe:  
2009 Les canaux bourguignons. Histoire d'une patrimoine, Vievy 2009
- MÉTÉNIER, Michel /REVILLA, Fernand:  
1999 Le tunnel du Rove et le Canal de Marseille au Rhône, Marseille 1999
- MOSZNY, Jozef:  
2002 Der Tiefe Friedrich- und Schwarze Forellen-Stollen bei Tarnowskie, Góry/Tarnowitz. Ein Vergleich zum Fuchsstollen, in: Der Anschnitt 54 (2002), S. 127-133
- PARINET, Cathérine /PARINET, Alain:  
2004 Les canaux de Bourgogne, Rennes 2004
- PIATEK, Eufrozyna:  
2002 Der Fuchsstollen im Waldenburger Steinkohlenrevier. Geschichte und Bedeutung als technisches Denkmal, in: Der Anschnitt 54 (2002), S. 78-85
- PIATEK, Eufrozyna /PIATEK, Zygfryd:  
1988 Die Geschichte des Fuchsstollens in Waldenburg zwischen 1791 und 1867, in: Der Anschnitt 40 (1988), S. 83-91
- PINON, Pierre:  
1995 Canaux. Rivières des hommes, o. O. 1995
- PUGIN, M. Michel:  
1982 L'histoire du Canal de Saint-Quentin, in: Mémoires numérisés, 27 (1982), S. 43-60
- RAPPOLD, Otto:  
1921 Kanal und Schleusenbau, Berlin 1921
- RÖDEL, Volker:  
1992 Reclams Führer zu den Denkmälern der Industrie und Technik in Deutschland, Bd. 1: Alte Länder, Stuttgart 1992
- RÜDERSDORFER ZEMENT GmbH:  
2004 750 Jahre Kalksteinbergbau in Rüdersdorf, Rüdersdorf 2004
- SCHICK, Wilhelm:  
1980 Der Schiffs-Tunnel zu Weilburg an der Lahn. Deutschlands einziger Fluss-Schiffs-Tunnel, Weilburg 1980
- SCHMIDT, Wolfgang /THEILE, Wilfried:  
1989 Denkmale der Produktions- und Verkehrsgeschichte, Bd. 1, Berlin 1989
- SCHÖNITZ, André:  
2004 Les voies navigables en Lorraine, Metz 2004
- SLOTTA, Rainer:  
1985 Das Carnall-Service als Dokument des Oberschlesischen Bergbaus (Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau-Museum Bochum, Nr. 35), Bochum 1985
- SPIPKER, Martin:  
2002 Die Stollen im Mansfelder Kupferschieferbergbau im Vergleich zum Fuchsstollen, in: Der Anschnitt 54 (2002), S. 121-127
- STERLIN, A.:  
1986 Le canal de Charleroi à Bruxelles, in: Annales des travaux publics de Belgique 5 (1986)
- WAGENBRETH, Otfried:  
1992 Schifffahrtseinrichtungen des Bergbaus im Freiburger Revier, in: Der Anschnitt 44 (1992), S. 29-40
- 1996 Der Churprinzer Bergwerkskanal, das Schiffshebewerk Rothenfurth und weitere Schifffahrtskanäle im Bergbau von Freiberg/Sachsen, in: Mitteilungen des Canal-Vereins 16, Rensburg 1996, S. 15-74
- WAGENBRETH, Otfried /WÄCHTLER, Eberhard:  
1986 Der Freiburger Bergbau. Technische Denkmale und Geschichte, Leipzig 1986
- ZÁLOHA, Jiri:  
1975 Zur Geschichte der Holzausfuhr aus Böhmen nach Österreich in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts (Wiener oder Schwarzenbergische Holzschwemmkanal), in: Jahrbuch des Oberösterreichischen Musealvereins 120, I. Abhandlungen, Linz 1975, S. 257-269

## Anschrift des Verfassers

Prof. Dr. Rainer Slotta  
Uhlandstraße 55  
44791 Bochum