

Der Transrapid

GFS in Physik

an der Albert-Einstein-Schule Ettlingen

verfasst von:

Christian Prickartz – pri-edu@chris-prickartz.de

zuständige Lehrkraft:

Stephanie Ams – stephanie.ams@aesettlingen.de

Abgabedatum: 10.04.2024

Inhaltsverzeichnis

1 EINLEITUNG	1
2 GESCHICHTE DES TRANSPRAPIDS.....	2
2.1 FRÜHE ENTWICKLUNG DES TRANSPRAPIDS	2
2.2 DAS ENDE DES TRANSPRAPIDS.....	2
3 FUNKTIONSWEISE DES TRANSPRAPIDS	4
3.1 GRUNDLEGENDE AUFGABEN DES SYSTEMS	4
3.2 SCHWEBEN BEIM TRANSPRAPID	4
3.3 FÜHRUNG MITTELS MAGNETFELDERN	4
3.4 ANTRIEB DES TRANSPRAPIDS	5
3.5 STROMVERSORGUNG DES SYSTEMS.....	5
3.5.1 <i>Lineargeneratoren in den Haltemagneten</i>	6
3.5.2 <i>Mit Stromschleifern gestützte Energieübertragung</i>	6
3.5.3 <i>Zusätzliche Induktive Energieübertragung</i>	6
4 FAZIT.....	8
QUELLENVERZEICHNIS	9

1 Einleitung

Nunmehr dreizehn Jahre ist es her das die Entwicklung des Transrapids eingestellt wurde. Entwickelt wurde der Transrapid hauptsächlich von Siemens und Thyssen-Krupp. Er sollte ein leiser, sicherer und energiesparender „Zug“ sein, der den Hochgeschwindigkeitsverkehr revolutioniert. Doch letztendlich ist nichts aus der Idee und den Jahren langen Entwicklungen geworden denn das Transrapid Projekt wurde eingestellt, weil es zu teuer und somit nicht wirtschaftlich war.

Allerdings ist gerade in der heutigen Zeit eine energiesparende Transportmöglichkeit unbezahlbar. Aus diesem Grund, soll sich diese Arbeit mit der bis zur Einstellung des Projektes entwickelten Technik beschäftigen und so die funktionsweise eines Transrapids aufzeigen.

2 Geschichte des Transrapids

Der Transrapid hat eine durchaus komplexe aber interessante Entwicklungsgeschichte die sich über fast 80 Jahre erstreckt.

2.1 Frühe Entwicklung des Transrapids

Auch wenn die eigentliche Entwicklung des Transrapids erst im Jahre 1969 mit einer Machbarkeitsstudie der Bundesregierung [NDR1] und der Entwicklung des ersten Prototypen der TR01 [MAG1] durch Thyssen begann, wurden die Grundlagen schon etwa 35 Jahre früher gelegt. Im Jahre 1934 nämlich reichte Hermann Kemper ein Patent zu den Grundlagen einer Magnetschwebbahn ein und legte somit die grundlegend notwendige Technik dar. Als die richtige Entwicklung in den 60er Jahren dann richtig startete ging es dann aber auch sehr schnell voran. [NDR1]

So wurde bereits 1971 das Modell TR02 und 1973 das Modell TR04 vorgestellt. Auch der erste richtige Einblick für die Öffentlichkeit ließ nicht lange auf sich warten, 1979 wurde das Modell TR05 auf der Verkehrsausstellung in Hamburg vorgestellt. Gleichzeitig wurde ebenso hier die Möglichkeit für Besucher*innen geschaffen eine Fahrt in diesem zu erleben. Im darauffolgenden Jahr begann auch schon der Bau einer großen Teststrecke für das Transrapid System im Emsland. Die Strecke sollte etwas 32 km lang werden und wurde 1984 fertiggestellt. [SPI1]

Doch auch in der Zwischenzeit ging die Entwicklung am Transrapid weiter so wurde 1983 das neue Modell TR06 vorgestellt. Auch erste Pläne für einen Einsatz wurden schnell entwickelt, 1989 beschloss die Regierung, die Flughäfen Düsseldorf und Köln/Bonn mit einer Transrapidstrecke zu verbinden. Nach der Aufstellung eines Geschwindigkeitsrekord, indem ein TR07 in 1993 eine Geschwindigkeit von 450 km/h erreichte, wurde im Folge Jahr der Bau einer weiteren Strecke diesmal zwischen Hamburg und Berlin beschlossen. [SPI1]

2.2 Das Ende des Transrapids

Das bis in die neunziger Jahre anhaltende Entwicklungsniveau sollte allerdings nicht unendlich lange anhalten. So beschwerte sich bereits 1999 der Bund bei der europäischen Kommission darüber, dass die Entwicklung und Planung bereits zu diesem Zeitpunkt mehrere Milliarden DM teurer geworden war. [NDR1]

Trotz dem sich ankündigenden Aus des Transrapids sollte 2002 der erste und einzige Transrapidregelstrecke in Shanghai eröffnet werden [NDR1]. Sie basierte auf dem Transrapid Modell 08 und sollte die einzige jemals eröffnete Strecke neben der Teststrecke

bleiben. Zudem ist dies auch die einzige Strecke, auf der heute noch ein Transrapid verkehrt [NDR1].

Ein weiterer Schritt in Richtung Ende ereignet sich in 2006. Ein auf der Strecke vergessener Werkstadtwagen und ein Transrapid des Modells 08 stoßen zusammen, es gibt 32 Tote und 11 teils auch schwer verletzte Personen. Auch wenn die Ursache für diesen Unfall letztendlich auf menschliches Versagen zurückzuführen war, bedeutet der Unfall dennoch das Aus für Testfahrten mit Besucher*innen auf dem Transrapid Testgelände im Emsland. [NDR2]

Endgültig zu Ende ist die Entwicklung dann allerdings im Jahr 2011 wo die letzten Testfahrten stattfanden. Insgesamt wurden über die fast 80 Jahre neun verschiedene Modelle entwickelt und getestet. [NDR1]

3 Funktionsweise des Transrapids

3.1 Grundlegende Aufgaben des Systems

Grundsätzlich muss jedes Verkehrssystem drei grundlegende Aufgaben erfüllen. Diese sind Tragen, Führen und Antreiben. Das Tragen ist die Basis des Systems und sorgt erst dafür, dass die anderen beiden Aufgaben möglich sind. Beim Transrapid wird diese Aufgabe durch das Schwebesystem umgesetzt. Das Führen ist für die Spurhaltung des Systems zuständig, dies wird beim Transrapid durch Elektromagneten erzielt. Die Komponente des Antreibens ist offensichtlich für das Fortbewegen des Systems von Nöten, diese Aufgabe erledigt im Transrapid ein sogenannter Synchron Langstator-Linearmotor. [MU1]

3.2 Schweben beim Transrapid

Der Transrapid besitzt ein sogenanntes EMS oder auch ein *elektromagnetisches Schwebesystem*. Das bedeutet, dass das Schweben mit Elektromagneten umgesetzt wird. Genaugenommen befinden sich Elektromagnete im unteren Teil des Schienenumgreifenden Haltesystems. Werden diese Magneten eingeschaltet, erzeugen sie ein Magnetfeld. Da direkt über ihnen der ferromagnetische Stator des Antriebs liegt, kommt es zu einer Anziehung, beziehungsweise zu einer anziehenden Kraft zwischen dem Stator und den Elektromagneten, so wird der Transrapid nach oben gezogen. [RK1]

Geregelt wird die Anziehung von einem Steuersystem. Sensoren, die sich zwischen den Elektromagneten wiederfinden, messen das Feld und berechnen die Anziehung. Um nun ein gleichmäßiges Schwebeniveau zu erreichen, werden die Elektromagneten entsprechend passend von dem Steuersystem ein- und ausgeschaltet. In Konsequenz heißt dies also im Prinzip, dass der Transrapid immer wieder abwechselnd fällt und angezogen wird. Da dies allerdings sehr schnell und in einem minimalen Ausmaß passiert, ist dies für den Menschen nicht spürbar. Vielmehr entsteht für den Menschen ein konstant ruhiges Schweben, wobei der Transrapid spezifisch etwa 150 mm oder 15 cm über dem Fahrweg schwebt. [RK1]

3.3 Führung mittels Magnetfeldern

Wie oben bereits erwähnt, findet das Führen beim System des Transrapids auch mittels Magnetfeldern statt. Genaugenommen kommen auch Elektromagneten zum Einsatz, um das verwendete Feld zu erzeugen. Die genutzten Magneten sind an der Innenseite seitlich der Schienen umschließenden Führung zu finden. Sie werden ähnlich angesteuert, wie die für das Schweben verwendeten Magneten.

Allerdings ist die Steuerung für diese um ein Vielfaches einfacher, da sie nicht wie die Haltemagneten die für das Schweben zuständig sind immer ein unterschiedliches Gewicht tragen müssen. Vielmehr findet von beiden Seiten ein gleichmäßiges abstoßen statt, dadurch alleine kann der Transrapid bereits relativ in der Spur gehalten werden. Auch im Unterschied zum Schwebesystem ist das Gegenstück kein Teil des Antriebs, sondern vielmehr direkt Teil der Streckenmaterialien. [MU1]

3.4 Antrieb des Transrapids

Genau wie der restliche Teil des Grundlegenden Systems funktioniert auch der Antrieb des Transrapids mithilfe von Magnetfeldern. Der für den Antrieb verwendete Synchron Langstator-Linearmotor kann sich im Prinzip, wie eine „ausgerollter“ Synchron Wechselstrom Elektromotor vorgestellt werden. [RK1]

Der Stator, welche die Spulen beinhaltet ist im Fahrweg verbaut, er befindet sich genauer auf der Unterseite des Fahrweges. Angetrieben werden die Spulen des Antriebs Quasi mit normalem Drehstrom oder auch 3-Phasen Wechselstrom. Auf Grund dessen, gibt es dementsprechend dann auch mindestens drei unterschiedliche spulen im Fahrweg, für jeden Leiter (L1-L3) ist je mindestens eine verbaut. Dabei sind die ausgelegten spulen so angeordnet, dass sich die Leiter jeweils in der Reihenfolge L1, L2, L3, L1, und so weiter abwechseln. Kombiniert mit der Phasenverschiebung des Stroms (120°) entsteht so ein sogenanntes Wanderfeld, ein sich ständig bewegendes Magnetfeld. [RK1]

Dieses entstehende Feld erfährt aufgrund der Gesetze der Magnetischen Felder eine Wechselwirkung mit jeglichen magnetischen beziehungsweise ferromagnetischen Gegenständen. Es wird also alles was diese Eigenschaften erfüllt den Fahrweg entlang gezogen. Beim Transrapid selber wird als Gegenstück das Magnetfeld der Haltemagnete verwendet. Dieses wechselwirkt mit dem Wanderfeld, und somit wird der Transrapid die Strecke entlang gezogen. [RK1]

Als eine Konsequenz aus dieser Funktionsweise kann die Geschwindigkeit eines Objektes beziehungsweise die Geschwindigkeit des Transrapids über die Frequenz des Wanderfeldes und dadurch durch die Frequenz des Stromes gesteuert werden. Für den Transrapid konkret heißt dies, dass eine Stromfrequenz zwischen 0 und 270 Hertz zum Einsatz kommt. Somit ist bei einem Transrapid unter Berücksichtigung des Gewichts dementsprechend theoretisch eine maximale Geschwindigkeit von ungefähr 500 km/h möglich. [RK1]

3.5 Stromversorgung des Systems

Die Stromversorgung des Transrapids findet zunächst auf verschiedenste Weisen statt. So ist das simpelste die Versorgung des Antriebs, da dieser im Fahrweg verbaut ist kann er ganz normal über drei Kupfer Zuleitungen angeschlossen werden. [RK1]

Komplexer wird die Stromversorgung der einzelnen Fahrzeuge. Zwar ist für den Antrieb kein Strom innerhalb der Fahrzeuge nötig, allerdings müssen Systeme, wie das Schweben, die Klimaanlage, das Licht, oder andere Komforteinrichtungen für Mittfahrende intern mit Strom versorgt werden. [RK1]

Grundsätzlich verfügt erst einmal jeder Transrapid über mehrere Batterien beziehungsweise Akkus die das Bordnetz speisen. Dies stellt beispielsweise auch sicher, dass der Transrapid selbst bei einem Stromausfall nicht einfach auf die Schiene aufprallt, sondern „ausrollt“. Allerdings sollen diese Akkus geschont werden um deren Lebenszeit zu verlängern. Außerdem kann so sichergestellt werden das keine ausfallzeit zum laden eines Akkus nötig ist. Aus diesem Grund kommen zusätzlich noch weitere Versorgungsmöglichkeiten zum Einsatz. [QZ1]

3.5.1 Lineargeneratoren in den Haltemagneten

Eine Art der zusätzlichen Energieübertragung die jeder Transrapid besitzt sind Lineargeneratoren welche in den Haltemagneten verbaut sind. Bei diesen Generatoren handelt es sich um Spulen, welche Mithilfe des für den Antriebs verwendeten Wanderfalke induktiv Energie erzeugen beziehungsweise übertragen. [RK1]

Da dies allerdings auf die Präsenz und ausreichenden Geschwindigkeit des Wanderfeldes angewiesen sind, ist eine Verwendung dieser nicht immer möglich. Ein Strom Übertragung mittels der Lineargeneratoren ist erstens nur während der Fahrt und zweitens auch erst ab eine Geschwindigkeit von ungefähr 20 km/h möglich. [RK1]

3.5.2 Mit Stromschleifern gestützte Energieübertragung

Eine weitere Art der Energieübertragung ist die Übertragung mittels Strom Schleifern. Diese kommt bis zum Transrapid 08 zum Einsatz, und finden sich somit auch beispielsweise bei dem Transrapid in Shanghai. [RK1]

Die Übertragung beruht dabei auf klassischen Strom Schleifern wie sie auch beispielsweise in vielen U-Bahnen zu finden sind. Die Kontakte schleifen aneinander und berühren sich, wodurch eine Energie Übertragung möglich ist. [RK1]

Allerdings hat diese Art der Stromversorgung einen erheblichen Nachteil. Sie kommt sich mit dem Ziel der Reibungsreduzierung in die Quere und verringert so die Effizienz des Transrapids. [RK1]

3.5.3 Zusätzliche Induktive Energieübertragung

Um die Nachteile der in 3.5.2 erklärten Energieübertragungs variante auszugleichen wurde im Laufe der Entwicklung des TR08s das sogenannte *Induktive Power Supply* oder IPS-System entwickelt, welches die Übertragung von Energie mittels Strom Schleifern im TR09 komplett ersetzten sollte. [QZ1]

Das System umgeht die Probleme eines Stromschleifers, indem es auch für die unterstützende Energie Übertragung Induktion verwendet. Allerdings wird anders als bei den Lineargeneratoren auf ein extra Magnetfeld gesetzt und nicht auf das für den Antrieb verwendete. So ist die Übertragung unabhängig von Fahrstatus oder Fahrgeschwindigkeit möglich. Auch werden statt Spulen in dem Haltemagneten extra dafür großflächig im Boden des Transrapids verbaute spulen verwendet. [QZ1]

Dies behebt das Problem der Reibung und spart so Energie bei Antrieb. Selbst, wenn die Verluste durch die Induktive Übertragung einberechnet werden ist diese Art der Übertragung im Gesamtbild effizienter. [QZ1]

4 Fazit

Schlussendlich lässt sich festhalten, dass das System des Transrapids ein innovatives Transportsystem darstellt, welches auch mit Sicherheit noch immer Potenzial hätte. Es war allerdings mit hoher Wahrscheinlichkeit einfach zu fortschrittlich für seine Zeit und konnte so in der Vergangenheit nicht überzeugen. Trotzdem sollte die Technik nicht vergessen werden, da sie ein hohes Potenzial hat, insbesondere unter Betrachtung der aktuellen Situation. Auch wenn sie nicht total vergessen ist und weitere Projekte wie der Hyperloop oder andere Magnetbahnen entwickelt werden sollten, sicherlich in Betracht gezogen werden, ob nicht ein System ähnlich des Transrapids auch eine sinnvolle Anwendung in der heutigen Zeit finden könnte.

Quellenverzeichnis

- [SG1]: Sönke Gäthke, *Transrapid: Ende eines Traums* | ZEIT ONLINE, URL: <https://www.zeit.de/online/2008/14/transrapid-gruende-des-scheiterns> (zuletzt 27.03.2024)
- [RK1]: Robin Kreipe und Jan Wille, *Technologie des Transrapids*, Hausarbeit für das Physiklabor SoSe 2020, Hochschule Hannover – Fachschaft Physik, eingereicht am 20.04.2020, S. 3-9, URL: https://janwille.de/data/pdfs/Technologie_des_Transrapid.pdf (zuletzt 25.03.2024)
- [DHL1]: Dietmar H. Lamparter, *Transrapid: Teures Denkmal* | ZEIT ONLINE, URL: <https://www.zeit.de/2007/40/Zwischenruf-Transrapid> (zuletzt 27.03.2024)
- [MAG1]: MAGNETBAHN.ORG, *Transrapid 01 – MagnetBahn*, URL: <https://magnetbahn.org/fahrzeuguebersicht/transrapid-01/> (zuletzt 26.03.2024)
- [NDR1]: NDR, *Von der Idee zum Aus: Eckdaten zum Transrapid*, URL: <https://www.ndr.de/geschichte/chronologie/Von-der-Idee-zum-Aus-Eckdaten-des-Transrapid,transrapid596.html> (zuletzt: 26.03.2024)
- [NDR2]: NDR, *Transrapid-Unglück 2006: Bei Testfahrt sterben 23 Menschen*, URL: <https://www.ndr.de/geschichte/schauplaetze/Transrapid-Unglueck-2006-Bei-Testfahrt-sterben-23-Menschen,transrapidunglueck2.html> (zuletzt 26.03.2024)
- [SPI1]: SPIEGEL, *Transrapid-Geschichte: In sieben Jahrzehnten zur Schwebebahn - DER SPIEGEL*, URL: <https://www.spiegel.de/wissenschaft/mensch/transrapid-geschichte-in-sieben-jahrzehnten-zur-schwebebahn-a-438642.html> (zuletzt 27.03.2024)
- [MU1]: Markus Uhlenbrock, Volkhard Nordmeier, H. Joachim Schlichting, *Die Magnetschnellbahn Transrapid im Experiment, Report, Universität GH Essen – FB 7 Physik – Didaktik der Physik*, S. 2, URL: https://www.uni-muenster.de/imperia/md/content/fachbereich_physik/didaktik_physik/publikationen/magnetschnellbahn_transrapid.pdf (zuletzt 25.03.2024)
- [QZ1]: Qinghua Zheng, *Berührungslose Energieübertragung für den Transrapid 08*, Fachvorträge der 5. Dresdner Fachtagung Transrapid, Dresden, 29.09.2005, ThyssenKrupp Transrapid GmbH, S. 167/169, Ausschnitt URL: https://web.archive.org/web/20100215234043/http://www.tu-dresden.de/vkiva/hlb/fachtagung_tr/trt5/14_trt5_vortrag14.pdf (zuletzt 27.03.2024)

