

독일의 경제적인 철도망구축 방안  
An economical Method for the Construction  
of German Railway Network

이남수 \*      심재범 \*\*      정경희 \*\*\*  
Lee. Nam-Soo   Shim. Jae-Bum   Chung.Kyung-Hee

---

ABSTRACT

Korea Railway aims to be the most important public transportation for nationwide basic industries in 21st century. It is urgently necessary for us to construct economical railway network and to strengthen(strengthen) its competitive power in advance.

In this paper the economical construction of railway network in Germany will be introduced. They lay emphasis on train speed and higher efficiency of railroad track.

---

1. 서 론

우리 나라에서 철도는 1899년 9월 18일 노량진 - 제물포간의 경인선이 최초로 개통된 이래 1970년대 이전까지 여객수송은 물론 산업물자 수송 등에서 지배적인 수송수단의 역할을 담당하였으나, 고속도로의 투자와 함께 자동차 대중화 시대를 맞이하면서 경쟁수단인 공로 교통에 지배적인 지위를 내주게 되었다.

그러나 80년대 이후부터 늘어나는 교통수요로 인해 공로의 정체가 심해지고 이러한 정체로 인한 사회 경제적 비용 문제가 제기되면서 철도 교통수단의 개발과 활성화에 대한 공감대가 형성되어 지고 있다. 뿐만 아니라 다가올 21세기는 고속철도의 개통과 함께 철도교통의 새로운 도약가능성을 보여주고 있다.

우리 나라의 철도가 21세기에 국가 기간 교통수단으로써 제 역할을 하기 위해서는 타 교통수단에 비해 경쟁력을 갖추어야 하며, 이를 위해서는 경제적인 철도망구축이 선행되어야 한다.

따라서, 본 문에서는 열차의 속도 및 선로의 능률향상 개념을 도입한 독일의 경제적인 철도망구축 방안에 대해 알아보하고자 한다.

경제적 및 교통구조의 변화에 따라 고능률의 노선을 새로 건설하는 경우 또는 교통잠재력이 감소되어 빈번히 사용되지 않는 지선의 폐쇄시에 철도는 점점 더 대중의 비판의 대상이 된다.

---

\* 한국철도대학교수

\*\* 한국철도대학 부교수, 정회원

\*\*\* 한국철도대학 부교수

이러한 경우에 야기되는 문제점들은 다음과 같은 주제들로 뚜렷하게 구별되어 진다.

- 신속성 보다는 정시성 또는 속도 200km/h는 충분히 빠르다는 속도개념
- 노선망의 능률향상을 위한 분석전략
- 특수노선의 건설에 의한 비용 절감의 방안으로 기존선 개량/신설노선의 검토
- 새로운 고속노선의 건설보다 tilt technic을 갖춘 차량의 도입

## 2. 속도

열차운행의 비용은 노선비용을 고려하지 않는다면 대부분 시간에 좌우되어 지며, 이와 같은 연관성의 원인은 열차의 유지비용과 승무원비용에 있다. 주로 에너지소비에 의해 야기되어 지고 그리고 점증되는 속도와 함께 늘어나는 운행 및 노동에 따른 비용들은 시간에 의존하는 비용들에 의해 감소된다. 따라서 지금까지의 관련수량 (reference quantity)인 train - km를 관련수량 (reference quantity) train - h로 대치하는 것은 현명하다. 1939년 독일제국 교통부의 조사에서는 이와 같은 연관성으로부터 아래와 같은 증기기관의 경우 열차운송비용(차량과 연관된)과 최적의 속도와의 관계에 대해 그림 1과 같은 연구결과를 얻었다.

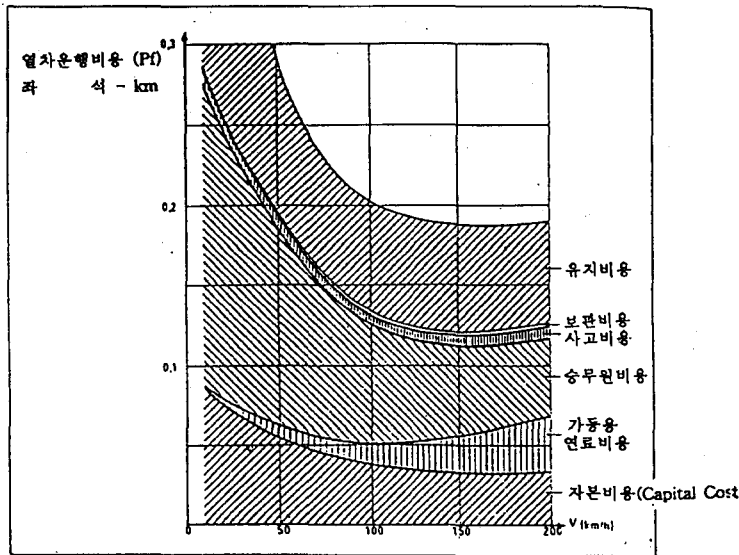


그림1. 주행속도에 의존하는 하나의 중량 특급열차  
(증기기관차+15차량)의 열차운행비용 (비용 1939년 기준)

자 료 : Rudolf Breimeier, Eisenbahningenieur 46 (1995) 1. p. 22

- 100 Km/h의 중량 대량화물열차들
- 170 Km/h의 중량 급행열차들

현대의 건인의 경우 오늘날과 같은 조건하에서는 높은 가격이 요구되어 진다. 여객운송에서 고속운행은 추가적으로 그림2에 상용하게 상업적인 성공으로 인해 사례되어야 하기 때문에, 경제적인 최적도는 높은 속도의 범위로 옮겨진다.

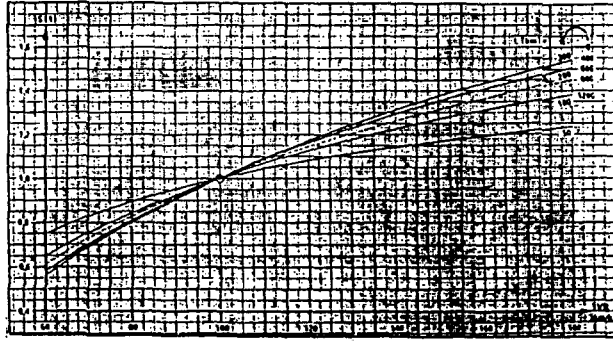


그림2. 여행속도와 철도의 여객운송규모와의 관계  
 - 계도여객 - 장거리교통흐름의 강도의 비례수 S와  
 - 열차들의 평균여행속도 VR(역에서 역까지 계산) 그리고  
 - 여행거리 L과의 관계도표

자 료 : Rudolf Breimeier, Eisenbahningenieur 46 (1995) 1. p. 22

이와 같은 두 가지 효과들을 통합하여 독일 IC교통에서는 그림3에서 나타난 것과 같이 하나의 최적속도를 240으로부터 270Km/h까지 기대하게 되었다. 최근의 연구에서는 기술적인 발전에 따라 이 최적속도를 300Km/h의 범위로 옮긴 것을 암시하고 있다. 그림3은 하나의 단순화된 한계요금 - 조사(Eckwert - Betrachtung)의 결과이다. 여객운송에 사용되는 하나의 철도노선의 총 비용을 “고정”으로 간주하고, 경제적인 목표는 여행객-Km/day의 하나의 최대화에서 나타나며, 총 비용은 이에 반해 “가변”으로 분류되어, 경제적인 목표로는 여행객-Km/열차-h의 최대화라는 결과로 나타내어진다.

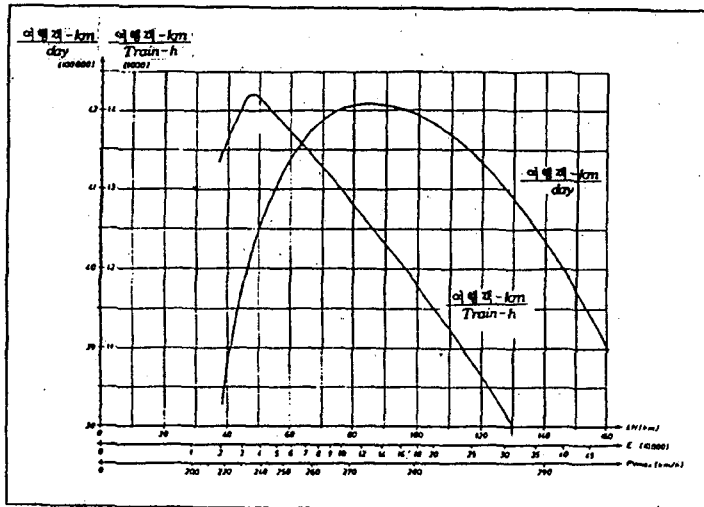


그림 3. 길이 770Km인 하나의 전형적 노선에 운행되는 여객수송열차의 최적도

LH : IC열차들의 평균정차역 간격

E : IC가 정차하는 작은 도시의 주민수

PV<sub>max</sub> : IC열차들의 정기적인 최고속도

자 료 : Rudolf Breimeier, Eisenbahningenieur 46 (1995) 1. p. 23

이에 따라 철도는 그들의 기술적 및 역학적인 특성 때문에 하나의 특별한 고속수단이라 불리어 지는데, 이와 같은 특성은 철도가 노선망 도중의 노선선정의 기술적인 결합에 따라 이 시스템 특유의 최적 속도로 멀리 떨어진 영역까지 도달할 수 없는 유일한 교통수단이기 때문이다.

### 3. 분석전략

장거리 여객교통에서 속도수준의 향상과 그리고 그 결과 그림의 운행계획에서 특급 및 완속열차들간의 속도노정 - 노선(Geschwindigkeitswege - Linien)의 점증되는 확장은 하나의 속도능률의 감소효과로 나타나게 되므로, 두 개의 상이한 노선망

- 고속철도를 위한 것과 그리고
- 완속교통을 위한 것

을 위해 노력하는 것은 매우 중요하게 보여진다. 이러한 분석전략은 각각의 노선에서 능률의 향상에 비용의 감소를 기대하게 하는 것과 같은 하나의 전문화를 유도한다.

이와 같은 전문화는 혼합운영노선에 대해서는 추월역들을 포괄적으로 포기하도록 할 수 있으며, 여객운송 노선에서는 큰 종단경사로 노선선정이 되도록 할 수 있는 것 등을 들 수 있다.

그림4의 2010년의 IC-교통을 위한 노선계획안에서 볼 수 있는 것과 같이, 특급 열차들은 각각의 시간 및 방향에 따라 5개 또는 6개의 links를 갖고 있는 몇몇의 중요한 교통선(Relation)에서는 실제적으로 복선의 고속철도노선을 한계용량까지 이용할 수 있다. IC제의는 또한 넓은 범위에서는 각각의 시간 및 방향마다 하나 또는 두 개의 차량들이 이러한 교통지선에 하나의 특유한 인프라스터럭처를 사용할 수 있게 하는 것을 인정하지 않는다는 것을 의미한다. 그러나 이 그림의 도움으로 다음과 같은 것들이 추론되어진다.

- 분선전략과 그리고 그 결과 특급 및 완속열차들의 분리는 독일 철도망의 몇몇 중요한 핵심 교통선(Key Relation)에서는 근본적으로 가능하고 그리고 매우 가치가 있다.
- 이러한 전략은 물론 장거리 여객교통의 잠재력이 혼잡한 열차운행 간격을 야기시키는 교통선(Relation)에서만 적용된다.
- 앞서 언급한 조건이 충족되지 않는다면 경우에 따라서는 장거리 여객교통들을 조금 우회시키고 그리고 이로 인해 IC열차들의 운행을 합치는 것을 통하여 하나의 고속철도 노선을 한계용량까지 이용할 수 있는지 시도해 보아야 한다.
- 마지막 방법이 불가능할 경우에는, 절충안으로서 특급 및 완속열차들의 혼합운영은 피할 수 없다.

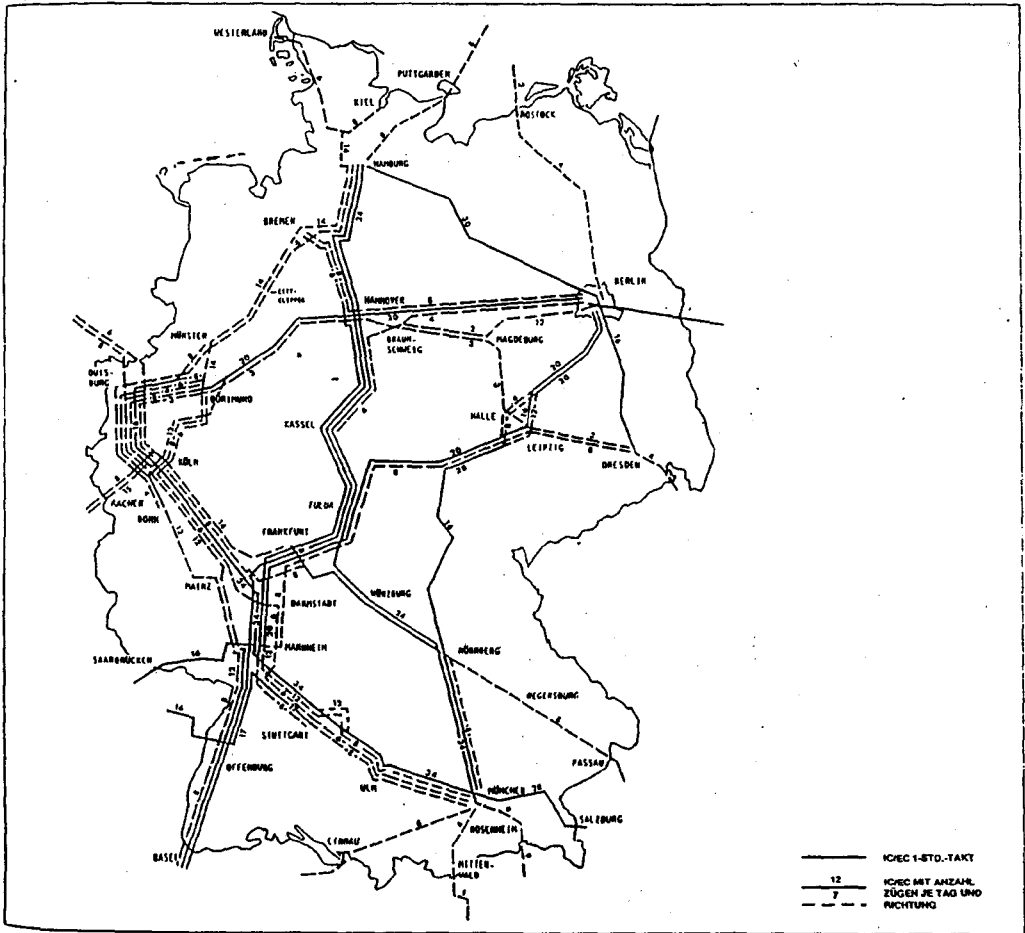


그림4. 독일연방 교통로 기본계획(BVWP'92)  
IC/EC-2010년을 위한 노선계획(안)

자 료 : Rudolf Breimeier, Eisenbahningenieur 46 (1995) 1. p. 23

#### 4. 신설노선 보다 기존선 개량

노선망이 지역별로 과부하 되었다면, 추가적인 선로의 건설을 통한 용량의 증가에 대한 문제가 제기된다.

- 하나의 기존선 개량(ABS)의 형태로 기존 노선에 대해 평행한 위치 혹은
  - 기존망에 의존하지 않고 하나의 신설노선(NBS)의 형태
- 하나의 추가적인 철도노선의 완전한 신설건설에 비해 여러 선로로의 확장은 다음과 같은 장점들을 제시한다.
- 자연경관의 추가적인 파괴결과를 회피
  - 공사의 진척에 따라 추가적인 선로용량의 구역별 이용
  - 또한 노후선로의 개선가능성(예로서 속도의 향상)

그러나 위에서 언급한 바와 같이 지금까지 선호하였던 형태의 단점들에 대해서도 간과하여서는 안 된다.

- 운영방해와 함께 “운행되는 바퀴아래”서의 반복되는 개축
- 역들의 개조에는 매우 많은 비용이 소요
- 노후선로의 구축에 따라 여객교통에서 다만 운행시간의 이익을 반복해서 줄이게 된다.

예로서, 용량상의 이유로 예상되는 교통증가에 따라 필요하게 된 하나의 계획된 확장조치에서, 기존선 개량 또는 신설건설의 두 개의 변수를 상호간에 비교하여 보았다. 그림5에서는 이러한 비교의 결과들을 나타내고 있다. 이 비교에서는 신설노선을 추가적인 수입금 투자 비율이 유리한 값을 나타내었다.

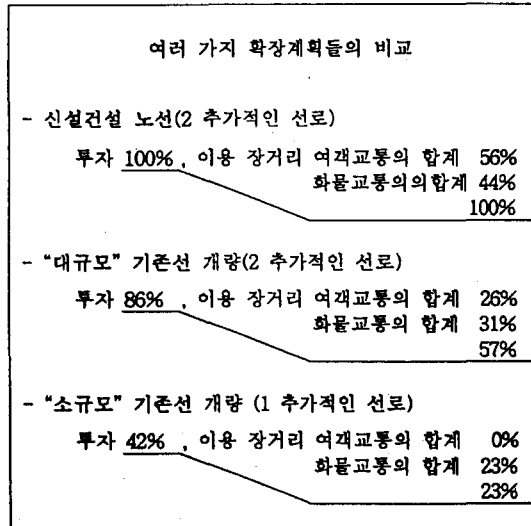


그림5. 신설노선 또는 기존선 개량?

자 료 : Rudolf Breimeier, Eisenbahningenieur 46 (1995) 1. p. 24

그림5에서 숫자들이 보여주는 것과 같이, 기존선 개량에 비해 신설노선의 주요 장점은 무엇보다도 짧은 운행시간에 따라 나타난 장거리 여객교통을 위한 높은 이용도를 볼 수 있다. 여기에서 상세하게 설명된 결과들은 확실히 일반화 할 수는 없으며, 그리고 모든 개별적인 경우를 위해서는 각기 다른 변수들에 대해 비교하여야 한다. 그림에도 불구하고 “신설노선 보다 기존선 개량” 원칙에 보편타당성은 없다고 확인되어졌다.

## 5. 노선의 신설건설 보다 tilt technic

주제의 제목에 상응하는 토론들에서는 독일 국유철도의 노선망에서 항상 신설노선들의 용량이 제기되었다는 점에 대해 주의하지 않았다. 앞 절에서 물론 장거리 여객교통을 위해 매우 중요할 수 있다고 한 유익한 운행시간상의 이익은 이에 따라 하나의 추가적인 이득으로 표시하였으며, 이러한 확정에 근거하여 이미 제기되었던 실제적인 문제인 수용능력의 향상은 고려하지 않았다.

그럼에도 불구하고 독일 국유철도(DBAG)는 tilt technic에 의해 제시된 장점들을 이용하게 되었고, 이에 따라 새로운 형태의 기차들을 투입하게 되었다. Tilt technic은 다음과 같은 장점들을 제공한다.

- 20%까지 주행을 단축하고 그리고 이에 따라 전형적인 기존선 개량이 높은 고속수준에서 경제적으로 타당성이 없다고 알려지고 있는 비교적 교통량이 적은 장거리교통노선들의 인기도의 상승을 유도한다.(그림6 참조)

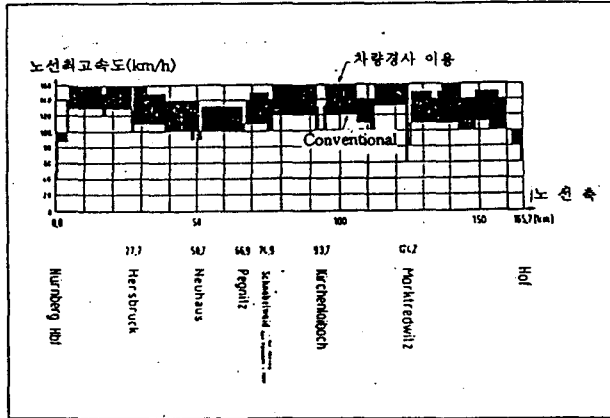


그림6. 차량경사가 있거나 경우에 따라서는 없는 Nuernberg-Hof간의 속도노정띠 (Geschwindigkeitswegebänd)

- 현재 기존선 개량노선에서 속도수준을 - 무엇보다도 예정선 설정시 분기부에서(그림7 참조) 추가적으로 향상시키거나(그림8 참조) 경우에 따라서는 새로 계획되는 기존선 개량노선들의 예정선을 유연하게 설정하고, 그 결과 인프라스트럭처 프로젝트의 경제성을 개선한다.
- 조기에 주행시간을 단축하고 그리고 이에 따라 장기적으로는 독일연방 교통로 기본계획 (BVWP - Projekt)에 의거 독일 국유철도(DBAG)의 경쟁능력 강화를 위해 계획되어진 중요한 교통선에서 상업적인 효과를 달성한다.

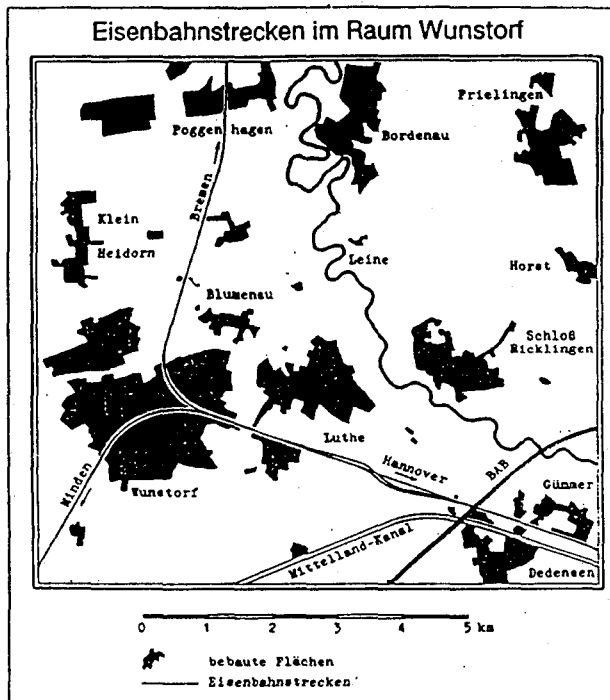


그림7. 기존선 개량노선에서 예정선 선정의 분기부에 의한 속도 감소

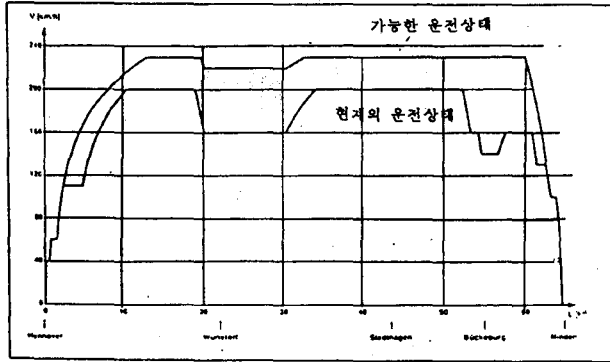


그림8. 기존선 개량 구간에서의 tilt technic  
Hannover - Minden 노선구간에서 IC기차들을 위한 운행 모형도

마지막에 언급한 적용분야에서 Tilt technic에 의해 신설노선의 주행시간이 평균 약30%까지 단축되어 졌다.

## 6. 결 론

독일연방 교통로 기본계획이 추구하는 목적은, 철도의 경쟁능력을 노선망의 수용능력의 증가에 의하거나 또는 속도수준의 향상에 의해 높이는데 있다. 나중에 언급된 관점은 대중에게 다만 매우 어렵게 전달할 수 있다. 그럼에도 불구하고 한 영국 철도전문가의 “속도는 선로에서 운행되어 지는 시스템의 장점이다” 라는 말은 타당성이 있다.

수용능력 및 속도가 추구하는 목적에 도달하기 위해 최선의 철도기술은 다양한 대안제시의 가능성을 제공하고 있다. 이 가능성은 제 삼의 중요한 목적인 경제성의 고려하에서 망 형성시 각각의 교통선(Relation)에 따라 그들의 특별한 적용분야를 찾게 된다. 이 경우에는 분석전략과 최고 주행속도를 위한 고 능률 노선의 신설건설, 그리고 Tilt technic의 적용 등은 같은 서열이며 서로 대립적으로 보아서는 안 된다.

따라서 본 문에서 소개한 독일의 경제적인 철도망 구축방안은 향후 우리 나라에서 건설되어 지는 21세기 국가 철도망구축시 좋은 참고자료가 되리라 사료된다.

## 7. 참고문헌

1. Neesen: Gestaltung und Wirtschaftlichkeit der Land-, Wasser- und Luftfahrzeuge. Schriftenreihe des Verkehrswissenschaftlichen Forschungsrats beim Reichsverkehrsministerium, Heft 10. Verlag von Gustav Fischer, Jena 1940
2. Breimeier: Zeit ist Geld - auch im Personenverkehr der Eisenbahn. Die Bundesbahn 67(1991) H. 9, S. 883-888
3. Breimeier: Die kommerzielle Trassierung von Fernbahnen des Personenverkehrs für hohe Fahrgeschwindigkeiten. ETR Eisenbahntechnische Rundschau 25(1976) H. 12, S. 727-735



4. Herrmann-Grabow: Wirtschaftliche Gestaltung ser Höchstgeschwindigkeit.  
ETR Eisenbahnteschnische Rundschau 41(1992) H. 7/8, S. 493-498

5. Wickens: Technologie und die kosteneffektive Hochleistungsbahn.  
Schienen der Welt 16(1985) Nr. 6, S. 59-68

6. Rudolf Breimeier: Eisenbahnverkehr der Zukunft, Wirtschaftliche Netzgestaltung im  
Rahmen des Bundesverkehrswegeplans, Eisenbahningenieur 46(1995) Nr. 1, S. 22-25