

**XIX. GP-NR**  
**Nr. 16 1J**  
**1994 -11- 11**

## ANFRAGE

der Abg. Ing. Gartlehner und Genossen  
an den Bundesminister für öffentliche Wirtschaft und Verkehr  
betreffend tribologische<sup>1</sup> Untersuchungen hinsichtlich Einführung einer Maut auf Österreichs  
Autobahnen

Seit einigen Wochen wird darüber diskutiert, ob die Einführung einer generellen Maut für die Benutzung österreichischer Autobahnen ein adäquates Mittel zur Finanzierung und Erhaltung der Straßen sowie zur Lenkung der Verkehrsströme darstellt.

Neben den hinlänglich bekannten Argumenten ist in einer österreichischen Fachzeitschrift ein vollkommen neuer Aspekt aufgetaucht; nämlich jener einer tribologischen Analyse einer generellen Autobahnmaut. Doz. Dr. Friedrich Franek bemängelt in der Zeitschrift ÖTG Aktuell 3/1994, daß das Wissen um das Fachgebiet Tribologie in Österreich nach wie vor gering gestreut ist, obwohl die Tribologie bezüglich ökologischer Gesichtspunkte sowie dem Gesamtenergieeinsatz im Verkehrsbereich Entscheidungshilfen bieten könnte. Beispielsweise im energetischen Bereich der Verkehrsmittel selbst oder etwa beim notwendigen Materialeinsatz im Verkehrswegebau, der Instandhaltung oder bei Antriebs- und Bremselementen von Fahrzeugen.

Die unterzeichneten Abgeordneten stellen daher an den Bundesminister für öffentliche Wirtschaft und Verkehr nachstehende

### Anfrage:

1. Ist die Fachwissenschaft Tribologie in den für die Autobahnmaut zuständigen Abteilungen Ihres Ministeriums ein Thema bzw. werden deren Erkenntnisse in die laufende Diskussion eingebracht?
2. Können Sie sich vorstellen, daß die reibungs- und verschleißbedingten Kosten bei der Berechnung der Autobahnmaut mitberücksichtigt werden?

<sup>1</sup> Tribologie ist die Lehre von Reibungsverlusten und Verschleiß etwa zwischen Autoreifen und Fahrbahn

## General-Maut für österreichische Straßen - Ein Diskussionsbeitrag aus der Sicht der Tribologie

F. Franek

### 1 Vorbemerkungen

Etwa ein Viertel des Gesamtenergieeinsatzes entfällt auf das Verkehrswesen. Dieser Sektor hängt funktionsbedingt unmittelbar mit dem Verhalten von Tribosystemen zusammen. Daher sind die Auswirkungen derartiger Systeme von besonderem Interesse. Dies betrifft einmal den Energieeinsatz selbst und die in diesem Bereich möglichen Einsparungen, zum anderen den im Bereich von Verkehrsmitteln im weitesten Sinne notwendigen Materialeinsatz (Verkehrswegebau, Instandhaltung, Antriebs- und Brems-elemente von Fahrzeugen). Dieser Materialeinsatz ist nicht nur durch den mit der Materialgewinnung und -verarbeitung verbundenen Energieverbrauch sondern auch durch die mittelbaren Auswirkungen des Materialabtrages (Verschleiß) von Interesse.

Während der Betrieb von Verkehrsmitteln bei Optimierung von tribologischen Funktionselementen betriebswirtschaftliche Einsparungen ermöglicht, sind im Zusammenwirken zwischen Verkehrsmitteln und Verkehrswegen (z.B. Rad/Schiene, Reifen/Fahrbahn) vor allem auch volkswirtschaftliche Auswirkungen zu beachten.

Aus dem Bereich der Fahrzeugtechnik werden Verschleißpartikeln verschiedensten Ursprungs sowie tribologisch bedingte Betriebsstoffe (z.B. Schmierstoffe) oder deren Rückstände in die Umwelt eingebracht. Aus diesem Aspekt liegen daher letztlich auch die - zumeist nachteiligen - ökologischen Auswirkungen in diesem Sektor im Verantwortungsbereich der mit den betreffenden Tribosystemen befassten Techniker und Ingenieure.

Volkswirtschaftliche und auch ökologische Auswirkungen von Tribosystemen in der Verkehrstechnik sind in Österreich unter zwei besonderen Randbedingungen zu sehen:

- Österreich hat durch seine geographische Situation ein enormes Aufkommen an Transitverkehr zu bewältigen.
- Ein beträchtlicher Teil der österreichischen Verkehrswege ist im alpinen Bereich anzutreffen, so daß hier auch Einflüsse der Kraftübertragung bei Steigungen sowie zusätzlich auch klimatische Einflüsse (z.B. Schnee und Eis) eine Rolle spielen.

Bei der Sichtung der Literatur fällt auf, daß sehr wohl die mit Reibung und Verschleiß zusammenhängenden Kosten behandelt und Schätzungen über mögliche Einsparungen angestellt werden, doch konzentrieren sich im Sektor Verkehrstechnik die wissenschaftlich-tribotechnischen Publikationen auf den Bereich der Antriebsaggregate und die Anwendung von Schmierstoffen. Vereinzelt werden auch andere Funktions-elemente - vorwiegend aus rein maschinenbaulich-konstruktiver Sicht - behandelt (z.B. Bremsen, Rad, Schiene), Literatur über das Zusammenwirken von Verkehrsmitteln und Verkehrswegen und die daraus resultierenden Auswirkungen von Reibung und Verschleiß ist international jedoch kaum zu finden. Die Aspekte der Ökologie werden dabei höchstens erwähnt.

Darüberhinaus fehlen in Österreich bedauerlicherweise bisher sämtliche Ansätze zur methodischen Untersuchung der wirtschaftlichen Aspekte der Tribologie. Es sei daher hier gestattet, einige Aspekte einer solchen „Generalmaut“ aus tribologischer Sicht zu beleuchten.

Eine Generalmaut kann im Hinblick darauf diskutiert werden, variable Kosten, die sich aus der Benützung der Straßen ergeben, nach einem geeigneten Modell - z.B. über die Besteuerung des Treibstoffes, dessen Verbrauch u.a. von Fahrstrecke und Fahrzeugmasse abhängt - mehr oder weniger gerecht aufzuteilen. Die Einführung einer Generalmaut stellt wohl im wesentlichen eine politische Entscheidung dar. Es können damit verschiedenste politische Ziele verfolgt werden wie z.B.

- Einhebung eines (weiteren) Kostenbeitrages für die Instandhaltung von Straßen (budgetpolitisch und wirtschaftspolitisch)
- Erschließung einer zusätzlichen Einnahmequelle als Beitrag zur Sanierung des Staatshaushaltes (budgetpolitisch)
- Lenkung bzw. Fokussierung von Verkehrsströmen auf bestimmte Kategorien von Verkehrswegen (verkehrspolitisch)
- Hebung des Kostenbewußtseins der Kraftfahrer bzw. der Wirtschaft (wirtschaftspolitisch)
- Betonung des Umweltschutzgedankens (umwelt-politisch)
- Erhöhung der Kostentransparenz und Darlegung der Kostenwahrheit (informationspolitisch)

Für den Tribologen mögen hier jene Aspekte im Vordergrund stehen, die mit reibungs- und verschleißbedingten Kosten zusammenhängen.

# ÖTG-AKTUELL 3/94

## 2 Aus der Benützung von Straßen resultierende Kostenarten

Im folgenden wird die Wirkung tribologischer Systeme in der Verkehrstechnik lediglich im Hinblick auf die mit der Traktion von Straßenfahrzeugen zusammenhängenden Effekte (Reifen/Fahrbahn) betrachtet.

Der Instandhaltungsaufwand von Landverkehrswegen (Straßen verschiedener Kategorien) ergibt sich aus dem jeweiligen Personal- und Sachaufwand (einschließlich der jeweiligen Abschreibung für den Einsatz der benötigten Geräte bzw. Fahrzeuge) im Zusammenhang mit verschiedenen Sanierungsursachen bzw. -kosten.

Man hat folgende Kostenarten zu unterscheiden:

Tribologisch bedingte Kosten	Nicht tribologisch bedingte (sonstige) Kosten
Verschleißbedingte Kosten	
Reibungsbedingte Kosten	

Bei den tribologisch bedingten Kosten wäre noch zu unterscheiden, ob sie *direkt*, d.h. aus der unmittelbaren Wirkung des Tribosystems Reifen/Fahrbahn, oder *indirekt* (z.B. als Staubbelästigung, Erfordernisse zur Lärminderung) zur Wirkung kommen.

Im Detail sind nun zu unterscheiden:

### A Tribologisch bedingte Kosten

#### A1 Verschleißbedingte Kosten

Hierunter fallen alle direkten Kosten im Zusammenhang mit dem durch die Benützung von Fahrzeugen entstehenden Verschleiß der Fahrbahnen (Fahrbahnbelag, Bodenmarkierungen)

*Nicht darunter fallen:* Verschleißbedingte Kosten aus der Benützung von Kraftfahrzeugen wie z.B. Abrieb von Reifen oder Bremsbelägen, Verschleiß von Maschinenelementen der Antriebsaggregate bzw. der Antriebsstränge der Fahrzeuge. Weiters werden hier auch jene indirekten verschleißbedingten Kosten nicht betrachtet, die sich aus der Beseitigung der durch Verschleißpartikel entstehenden Staubbelastung ergeben (z.B. beträgt die Menge des Reifenabriebes in Österreich pro Jahr - nur der inländischen PKWs - größtenteils ca. 10.000 m<sup>3</sup>, dies entspricht einem Würfel mit 22 Meter Kantenlänge!).

## A2 Reibungsbedingte Kosten

Hierunter sind jene Kosten zu nennen, die dadurch entstehen, daß der Straßenerhalter den benützungsfähigen Zustand der Verkehrswege sicherstellen muß, um eine ordnungsgemäße Traktion zu gewährleisten (indirekte Kosten). Darunter fallen Maßnahmen zur Beseitigung von Schnee und Eis, Salz- und Splittstreuung bei Fahrbahnglättung, Säuberung der Fahrbahnen von Schmutz und Rückständen sowie sämtlicher Straßenflächen von Rückständen der Streumaßnahmen.

*Nicht darunter fallen:* Reibungsbedingte (direkte) Kosten aus der Benützung des Kraftfahrzeugs wie z.B. bedingt durch Rollwiderstand, Reibung der Antriebsaggregate bzw. des Antriebsstränge der Fahrzeuge

## B Nicht tribologisch bedingte Kosten

Hierunter fallen alle Kosten, die sich aus der Instandhaltung und Pflege der Verkehrsflächen ergeben und die nicht ursächlich mit der Benützung der Fahrbahnen zusammenhängen. Dies betrifft insbesondere Maßnahmen zur Instandsetzung von witterungsbedingten Schäden (Frostaufrüchte, Korrosion etc.) sowie Arbeiten zur Pflege peripherer Einrichtungen wie z.B. Grünstreifen, Parkplätze, WC-Anlagen, Lichtanlagen und Verkehrsleiteinrichtungen.

## 3 Tribologie orientierte Kostenrechnung

Wie aus einer unveröffentlichten Vorstudie<sup>1</sup> der Abteilung für Tribologie, IFWT - TU Wien, die sich auf Recherchen statistischer Unterlagen sowie Auskünfte von Mitarbeitern der NÖ-Strassenverwaltung stützt hervorgeht, betrugen die Instandhaltungskosten von Straßen pro Meter und Jahr (Basis 1987)<sup>2</sup>

- für Autobahnen öS 1.156,-
- für Bundesstraßen öS 496,-
- für Landesstraßen öS 350,-

Das umfangreiche Netz von Gemeindestraßen sowie Forstwegen ist hier sowie bei den weiteren Überlegungen wegen des vergleichsweise geringen Verkehrsaufkommens nicht berücksichtigt. Auf Basis heutiger Preise teilt sich der gesamte Erhaltungsaufwand österreichischer Straßen gemäß Bild 1 auf.

<sup>1</sup> K. ILGNER; F. FRANEK: Instandhaltungskosten von Fahrbahnen und deren Zuordnung unter Berücksichtigung tribologischer Aspekte. IFWT, TU Wien, 1991

<sup>2</sup> Im Hinblick auf die Zugänglichkeit statistischen Materials und der erforderlichen Datenkompatibilität konnte Zahlenmaterial aus späteren Jahren damals nicht herangezogen werden.

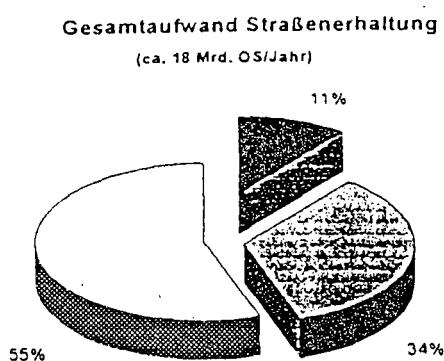


Bild 1: Aufteilung des Aufwandes für Straßenerhaltung auf unterschiedliche Straßenkategorien

Die Benützung von Straßen unterschiedlicher Kategorien durch verschiedene Klassen von Kraftfahrzeugen kann dabei gemäß Bild 2 abgeschätzt werden. Mangels geeigneten Datenmaterials sind die Fahrleistungen österreichischer Fahrzeuge im Ausland nicht abgegrenzt sowie Fahrleistungen ausländischer Fahrzeuge in Österreich nicht einbezogen.

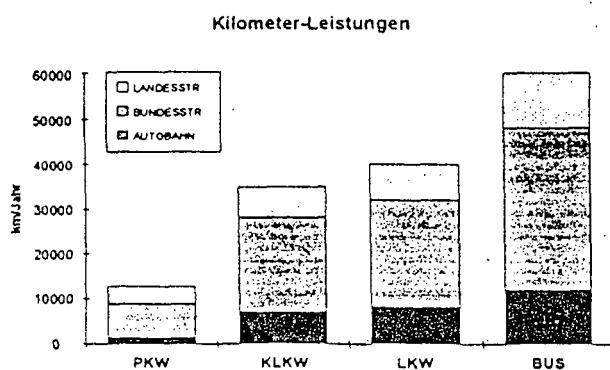


Bild 2: Kilometerleistungen unterschiedlicher Fahrzeugklassen, je Fahrzeug (KLKW = Klein-LKW)

Die in der o.g. Vorstudie ermittelten Daten können entsprechend der Preisentwicklung sowie der Zulassungszahlen aktualisiert und eine entsprechende Differenzierung der Kosten für Instandhaltung und Pflege der Fahrbahnen vorgenommen werden. Hierbei ist nach obigen Ausführungen zwischen tribologisch bedingten und nicht tribologisch bedingten Kosten zu unterscheiden. Für die weiteren Überlegungen wird eine Kostenaufteilung gemäß Bild 3 vorgenommen.

Die nicht tribologisch bedingten Kosten fallen unabhängig von der Benützung durch Kraftfahrzeuge an, sodaß eine Aufteilung proportional nach Anzahl aller möglichen Fahrbahnbenutzer (= Kraftfahrzeuge) erfolgen müßte.

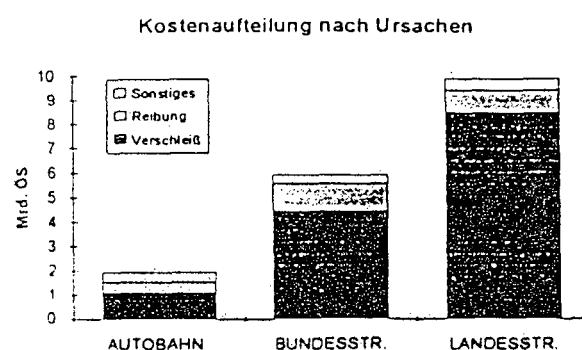


Bild 3: Aufteilung der Straßeninstandhaltungskosten unter Berücksichtigung verschiedener Ursachen

Man könnte jedoch argumentieren, daß z.B. die Pflege von Parkplätzen von der Zahl der Benutzer = Insaßen von Kraftfahrzeugen abhängt. In diesem Falle müßte eine Differenzierung nach der Zahl der Sitzplätze vorgenommen und dementsprechend z.B. Busse entsprechend stärker belastet werden. Es kann jedoch angenommen werden, daß der diesbezügliche Kostenanteil eher vernachlässigbar ist.

Die *verschleißbedingten* Kosten korrelieren eindeutig und unmittelbar mit der Benützung der Fahrbahnen. Man kann davon ausgehen, daß sich der diesbezügliche Aufwand aus dem Verschleiß der Fahrbahnoberfläche ergibt. In der Tribologie wird üblicherweise das abgetragene Verschleißvolumen proportional dem "Lastweg" gesetzt, d.h. daß sowohl die zurückgelegte Fahrstrecke, als auch die aktuelle Normalbelastung auf die Fahrbahn (= Fahrzeuggewicht, komplett) zu berücksichtigen ist.

Aus der Reibungs- und Verschleißtechnik ist aber auch bekannt, daß lastproportionale Verschleißansätze nur in relativ engen Parameterbereichen näherungsweise Gültigkeit haben. Bei vielen Tribosystemen ist der Lasteinfluß überproportional spürbar. Dies bedeutet, daß der Unterschied in den verursachungsbedingten Kosten der Straßenbenützung zwischen PKWs und LKWs möglicherweise noch stärker in Erscheinung tritt.

#### 4 Straßen-/Autobahnbenützungsgebühr

Unter Berücksichtigung der oben dargelegten Kostenaufteilung sowie des verfügbaren Datenmaterials können nun sämtliche verschleißbedingte Kosten (auf allen Straßen Österreichs) auf die einzelnen Fahrzeugkategorien aufgeteilt und auf Basis durchschnittlicher Fahrstrecken bzw. Kilometerleistungen ein „Kilometerpreis“ errechnet werden (Bild 4).

## ÖTG-AKTUELL 3/94

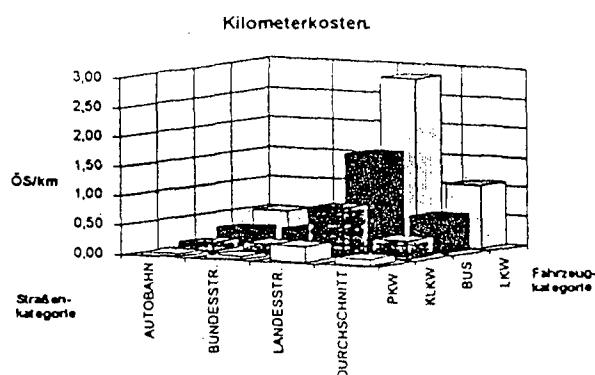


Bild 4: Kilometerkosten unter Berücksichtigung des durchschnittlichen Fahrzeuggewichtes der einzelnen Fahrzeugkategorien sowie der durchschnittlich zurückgelegten Fahrstrecke

Es zeigt sich hieraus, daß die stärkste Kostenbelastung pro Kilometer Fahrstrecke auf den Landesstraßen zu verzeichnen ist, während Autobahnen und Bundesstraßen nahezu gleiche Beträge aufweisen. Bei Annahme einer lastproportionalen Verschleißgröße sind die erforderlichen durchschnittlichen Aufwendungen für LKWs deutlich höher als die der PKWs.

Bild 5 zeigt „Benützungsgebühren“ für Autobahnen auf Grund verschleißbedingter Kosten, sowie zum Vergleich fiktive Beträge, wenn die gesamten verschleißbedingten Kosten aller Straßen *ausschließlich auf die auf Autobahnen zurückgelegten Kilometer bezogen werden*.

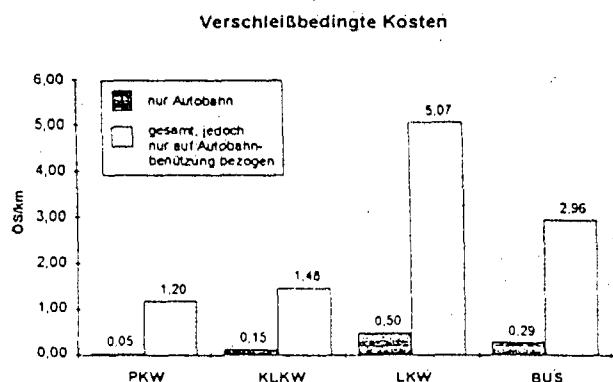


Bild 5: Verschleißbedingte Kosten (gesamt) bezogen auf die auf Autobahnen zurückgelegten Fahrstrecken

Die reibungsbedingten Kosten werden zwar verursacht, um den möglichen Straßenbenützern zumutbare Reibungsbedingungen auf den Straßenbelägen zur Verfügung zu stellen, fallen aber unabhängig davon an, ob der Fahrzeugbesitzer von diesem Angebot Gebrauch macht oder nicht. Eine Kostenaufteilung könnte daher ebenfalls proportional nach der Zahl der Kraftfahrzeuge erfolgen. Gerechtfertigt wäre hier auch

noch ein Ansatz der eine Kostenzuweisung nach der Zahl der durchschnittlich zurückgelegten Kilometer einer Fahrzeugkategorie vornimmt.

Auf Basis des letztgenannten Modells können die fahrzeugbezogenen Gesamtkosten, also verschleiß- und reibungsbedingte Kosten sowie sonstige aus der Fahrbahninstandhaltung und Straßeninstandhaltung errechnet werden. Dabei ergeben sich Relationen gemäß Bild 6.

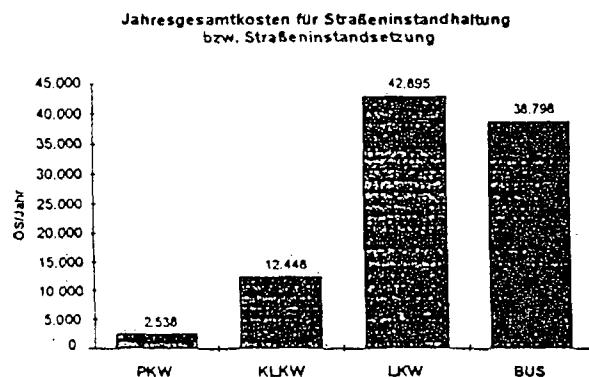


Bild 6: Jahresgesamtkosten für Straßeninstandhaltung je Fahrzeug unterschiedlicher Kategorien

### 5 Resumee

Die hier vorgestellten Daten zeigen, daß ein Kilometerpreis von öS 0,30 pro Kilometer für PKWs nur dann größtenteils zutreffend ist, wenn nicht nur die verschleißbedingten Kosten auf den Autobahnen verrechnet werden. Unter diesen Voraussetzungen würde das Einheben einer Maut auf Autobahnen zu einem Teil auch die Instandhaltungskosten der Bundes- und Landesstraßen abdecken. Selbst unter Berücksichtigung der Tatsache, daß für die gegenständlichen Berechnungen aktuelles statistisches Datenmaterial nicht zur Verfügung stand, muß zur Kenntnis genommen werden, daß die Kilometerkosten für LKWs erheblich über jenen der PKWs liegen.

Das von den Ministern Schüssel und Klima vorgestellte Maut-Modell, insbesondere das PKW/LKW-Kostenverhältnis (öS 0,30/öS 1,20), muß unter diesen Randbedingungen ernsthaft hinterfragt werden. Insbesondere muß überlegt werden, ob Investitionen in Höhe von mehreren Milliarden Schilling für ein elektronisches Erfassungssystem auf Autobahnen gerechtfertigt sind, wenn die höchsten Kilometerkosten auf Landesstraßen anfallen (vgl. Bild 4). Eine umfassende Auswertung aktuellen Datenmaterials - auch unter Einbeziehung ausländischer Fahrzeuge auf österreichischen Straßen - wäre wünschenswert.