

# Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘

## Endbericht

November 2004

Das Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ wurde gefördert von



Land Steiermark



Land Salzburg



Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft



Forschungsgesellschaft Mobilität Austrian Mobility Research

FGM-AMOR gemeinnützige GmbH

Schönaugasse 8a / I, A-8010 Graz

Telefon: ++43 / 316 / 81 04 51 - 15

Telefax: ++43 / 316 / 81 04 51 - 75

E-mail: [kargl@fgm-amor.at](mailto:kargl@fgm-amor.at)

Internet: [www.fgm-amor.at](http://www.fgm-amor.at)

# Abgasfrei Mobil 2002

## Endbericht, November 2004

### Auftraggeber:

Mag. Grassegger, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

DI Thaler, Bundesministerium f. Land- u. Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft

Mag. Stangl, Amt der Steirischen Landesregierung, Abteilung Wissenschaft und Forschung

DI Kühn, Amt der Salzburger Landesregierung, Landesbaudirektion, Fachabteilung Verkehrsplanung

### Autoren:

DI Michaela Kargl, FGM (Endbericht „Abgasfrei Mobil 2002“)

AsP. DI Dr. Franz Aschenbrenner, Montanuniv. Leoben („Drehstrommotoren für Elektrokleinfahrzeuge“)

Dr. Emil Hocevar, TÄlerbus-Koordinator („Einsatz der Elektrofahrzeuge in der TÄlerbusregion“, „Die Zukunft des TÄlerbusprojekts aus Sicht des TÄlerbuskoordinators“)

Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ .....	1
1 Das Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ .....	5
1.1 Entwicklung des Projekts – Die Vorgeschichte .....	5
1.2 Projektpartner .....	6
1.3 Förderungsgeber .....	6
1.4 Projektziele .....	6
1.5 Projektinhalt.....	7
1.6 Projektablauf.....	8
2 Tälerbusse in der Region Lungau-Murau-Nockgebiet .....	9
2.1 Das Tälerbus-Streckennetz:.....	9
2.2 Tälerbus-Fahrgäste .....	9
2.3 Elektrofahrzeuge im Tälerbuseinsatz .....	10
3 Drehstromantriebe für Elektrokleinfahrzeuge .....	17
3.1 Entwicklung innovativer Drehstromantriebe für den Tälerbuseinsatz .....	17
3.2 Vergleichender Flottenversuch der Elektro-Talerbusfahrzeuge.....	18
4 Wissenschaftliche Begleitforschung zum Tälerbusprojekt .....	24
4.1 Ablauf der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt .....	25
4.2 Ergebnisse der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt.....	27
4.3 Verbesserungspotential des Talerbussystems.....	36
5 Reiseinformation / Reiselogistik .....	41
5.1 Neugestaltung des Liniennetz-ubersichtsplans.....	42
5.2 Integration der Tälerbus-Fahrpläne in bestehende elektron. Auskunftssysteme.	49
5.3 Aktualität der Informationen .....	50
6 Zukunft des Tälerbusprojekts aus Sicht des Tälerbuskoordinators .....	50
7 Anhang.....	52
7.1 Drehstromantrieb mit Asynchronmaschine .....	52
7.2 Drehstromantrieb mit Permanentmagneterregter Synchronmaschine .....	62



# **1 Das Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘**

## **1.1 Entwicklung des Projekts – Die Vorgeschichte**

### **Tälerbusprojekt Lungau-Murau-Nockgebiet**

Das Tälerbusprojekt ist seit 1989 bestrebt, in sensiblen inneralpinen Räumen eine o-  
logisch verträgliche Verkehrsinfrastruktur zu installieren. Im Dreiländereck Kärnten,  
Salzburg und Steiermark, welches zwei Nationalparks (Hohe Tauern, Nockberge), drei  
Naturparks (Riedingtal, Solktaler und Grebenzen) und zahlreiche Natur- und  
Landschaftsschutzgebiete umfasst, wurde ein Netz aus alternativen Verkehrsmitteln  
geknüpft. Durch Erhaltung und Aufwertung des Bahnangebotes, Verbesserung des  
Busverkehrs (z. B. Reaktivierung eingestellter Buslinien) sowie ergänzendem Angebot von  
Talerbussen in die Talschlüsse kann man heute überall in der Region autofrei hinkommen.

### **Nachhaltiger abgasfreier Verkehr durch Null-Emissions-Fahrzeuge**

Aufgrund der kurzen Strecken und der vom Fahrplan definierten Betriebspausen  
(Ladezeiten!) konnten im Talerbusverkehr bereits seit 1990 Null-Emissions-Fahrzeuge  
eingesetzt werden. Dabei haben sich Elektrofahrzeuge für den Einsatz im Gebirge als  
prinzipiell geeignet erwiesen.

Für eine o-  
logisch verträgliche Verkehrsinfrastruktur ist aber außer dem Einsatz  
umweltfreundlicher Fahrzeuge auch das Anbieten eines nachhaltigen Verkehrsumfeldes,  
Verkehrsberuhigung und -vermeidung, Verlagerung auf öffentlichen Verkehr (ÖV),  
Radfahren und Zu-Fuß-Gehen (touristisch: Wandern) - einfach alternatives  
Verkehrserlebnis - wesentlich.

Eingebettet ist dieses Projekt in die in dieser Region dominierenden nachhaltigen  
Wirtschaftsformen (okolandwirtschaft, nachhaltige Forst- und Almwirtschaft,  
Holzwirtschaft und o-  
logisch orientierter Tourismus).

### **Zukunftsperspektive: kräftiger Innovationsschub**

In den abgelaufenen Jahren sind nun die Null-Emissions-Fahrzeuge des Talerbusprojektes  
in die Jahre gekommen. Beim elektrischen Ford Transit verloren die Bleiakkus zunehmend  
an Kapazität; die Elektroshuttles („Sonnybusse“) waren infolge Überlastung teilweise  
bereits betriebsuntauglich. Ohne kräftigen technischen Innovationsschub war das Ende des  
Null-Emissions-Verkehrs - und damit des Hauptaufhangers für das alternative  
Verkehrsnetz - absehbar.

Aus den obengenannten Gründen wurde – aufbauend auf dem Erfahrungsschatz der letzten  
10 Jahre - von der Tälerbus-Projektleitung (Dr. Hocevar) in Zusammenarbeit mit der  
Montanuniversität Leoben (Dr. Aschenbrenner), Forschungsgesellschaft Mobilität (DI  
Braid), Ferienregion Lungau (Dir. Berg) und Fa. Graf Carello ein steirisch-salzburgisches  
Projekt entwickelt – das Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘.

## 1.2 Projektpartner

---



Montanuniversität Leoben – Institut für Elektrotechnik  
DI Dr. Franz Aschenbrenner  
Franz-Josef-Straße 18, A-8700 Leoben  
Telefon: ++43 / 3842 / 402 – 313  
Fax: ++43 / 3842 / 402 – 318  
E-mail : [aschenbr@unileoben.ac.at](mailto:aschenbr@unileoben.ac.at)  
Internet: [www.unileoben.ac.at/~etechnik](http://www.unileoben.ac.at/~etechnik)



FGM - Forschungsgesellschaft Mobilität gemeinn. GmbH  
Schönaugasse 8a / I, A-8010 Graz  
Telefon: ++43 / 316 / 81 04 51 – 21  
Fax: ++43 / 316 / 81 04 51 – 75  
E-mail: [kargl@fgm.at](mailto:kargl@fgm.at)  
Internet: [www.fgm.at](http://www.fgm.at)



Tälerbusprojekt Lungau-Murau-Nockgebiet  
Dr. Emil Hocevar, A-5580 Tamsweg 487  
Telefon/Fax: 06474 / 6070

## 1.3 Förderungsgeber

Das Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ wurde gefördert von



Land Steiermark



Land Salzburg



Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und  
Wasserwirtschaft

## 1.4 Projektziele

- Erprobung moderner, touristisch attraktiver Null-Emissions-Fahrzeuge für weniger frequentierte verkehrsberuhigte Talwege
- Verringerung der Zugangsschwelle zu nachhaltigem Verkehr und Sensibilisierung für umweltbewusstes Verkehrsverhalten

## 1.5 Projektinhalt

Das Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ gliederte sich inhaltlich in drei Projektteile:

### 1. Drehstromantriebe für Elektrokleinfahrzeuge:

Ziel dieses Projektteils war es, dem Tälerbus-Projekt für lärm- und abgasfreie Tälerbus-Fahrten in sensiblen Alpentälern zuverlässige Elektrofahrzeuge zur Verfügung zu stellen.

Im Rahmen dieses Projektteils wurden spezielle Drehstromantriebe entwickelt, die an die Bedingungen im Tälerbus-Einsatz optimal angepasst sind.

Außerdem wurde ein vergleichender Flottenversuch von fünf Typen von Elektrofahrzeugen<sup>1</sup> durchgeführt und die Fahrzeuge in Hinblick auf

- Zuverlässigkeit
- Alltagstauglichkeit
- Kundenakzeptanz
- Wartungsfreundlichkeit
- Wirtschaftlichkeit
- Langlebigkeit
- Ökobilanz
- Notwendige technische Modifikationen (Korrekturvorschläge) des Prototypen

im Tälerbuseinsatz bewertet.

### 2. Wissenschaftliche Begleitforschung für das Talerbussystem:

Ziel der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt war es, Verbesserungspotentiale für die Kundeninformation und das Tälerbus-System zu ermitteln.

Die Begleitforschung basierte vor allem auf der Befragung zweier Zielgruppen:

- im Frühjahr 2003 wurden vom Tälerbus ‚Betroffene‘ (Quartiergeber, Tourismusverbände, Tälerbusfahrer, Hüttenwirte,...) zu ihren Erfahrungen mit dem Tälerbus-System, zu ihren Wünschen und Verbesserungsvorschlägen befragt
- in der Tälerbus-Sommersaison 2003 erfolgte eine Befragung der Tälerbus-Fahrgäste.

Außerdem wurden auch Untersuchungen zur Bedienungsqualität des Tälerbus-Systems (Intervalldichte, Sitzplatzanzahl, Disposition,...) und zur Informationsqualität (Art und Qualität der angebotenen Information, verwendete Informationskanäle, Zugänglichkeit der Information,...) durchgeführt.

### 3. Reiselogistik / Reiseinformation:

Ziel dieses Projektteils war es (potentiellen) Tälerbus-Kunden alle notwendigen Informationen zur Reise-/Ausflugsplanung leicht zugänglich zur Verfügung zu stellen und so die Zugangsschwelle zu nachhaltigem Verkehr zu verringern.

Dazu wurde die ‚bersichtsgrafik‘ in der Tälerbus-Website ([www.taalerbus.at](http://www.taalerbus.at)) neu gestaltet und neben den Tälerbus-Fahrplänen auch touristisch interessante Zusatzinformationen integriert.

Außerdem wurden die Tälerbus-Fahrpläne in das bestehende elektronische Auskunftssystem des Steirischen Verkehrsverbands integriert (und mit dem Salzburger Verkehrsverbund eine Aufnahme der Tälerbus-Fahrpläne in das elektronische Auskunftssystem für die Sommersaison 2005 vereinbart).

---

<sup>1</sup> Ford Transit, Hyundai - Sonny-Bus (Gleichstrom), Hyundai - Sonny-Bus (Umrüstung auf Drehstrom), Lamborghini, Graf Carello

## 1.6 Projektablauf

Die nachfolgende Tabelle 1 fasst den Ablauf<sup>2</sup> des Projekts ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ zusammen:

Juni 2002	Projektstart
Tälerbus-Saison 2002	Beginn der Umrüstung der Tälerbus Fahrzeuge von Gleichstrom- auf Drehstromtechnik. (Montanuniversität Leoben)
	Adaptierung des ersten Gleichstrom-Fahrzeugs für den Tälerbus-Einsatz (Montanuniversität Leoben)
	Wissenschaftlich technische Begleitforschung des Probeeinsatzes der Elektrofahrzeuge (Montanuniversität Leoben)
Herbst 02 – Frühjahr 03	Erste Auswertung der technischen Begleitforschung (Montanuniversität Leoben)
	Konzepterstellung zur Begleitforschung zum Tälerbus-System (FGM)
Tälerbus-Saison 2003	Umrüstung weiterer Tälerbus-Fahrzeuge auf Drehstromtechnik (Montanuniversität Leoben)
	Wissenschaftlich technische Begleitforschung des Einsatzes der Elektrofahrzeuge (Montanuniversität Leoben)
	Begleitforschung zum Tälerbus-System (FGM)
Herbst 03 – Frühjahr 04	Auswertung der technischen Begleitforschung (Montanuniversität Leoben)
	Umrüstung weiterer Tälerbus-Fahrzeuge auf Drehstromtechnik (Montanuniversität Leoben)
	Auswertung der Begleitforschung zum Tälerbus-System; Bericht zur Begleitforschung zum Tälerbus-System (FGM)
	Neugestaltung der Übersichtsgrafik auf der Tälerbus-Website und Integration touristischer Informationen; Integration der Tälerbus-Fahrpläne in die elektron. Auskunft des Steirischen Verkehrsverbundes; Vorgespräche mit Salzburger Verkehrsverbund; (FGM)
Tälerbus-Saison 2004	Wissenschaftlich technische Begleitforschung des Einsatzes der Elektrofahrzeuge (Montanuniversität Leoben)
	Rückmeldungen von den Tourismusinformationsstellen zur neu gestalteten Tälerbus-Website einholen und einarbeiten(FGM)
Oktober 2004	Endbericht & Projektabschluss

**Tabelle 1:** Projektablauf ‚Abgasfrei Mobil 2002‘

<sup>2</sup> Ursprünglich war für das Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ eine Laufzeit von Anfang Juni 2002 bis Ende Dezember 2003 geplant. Aufgrund von massiven Verzögerungen bei den Förderungszusagen (- die definitiven Förderungszusagen konnten erst zwischen September 2002 und Feber 2003(!) erhalten werden), konnte dieser ursprünglich geplante Projektablauf nicht eingehalten werden, das Projekt wurde bis Ende September 2004 verlängert.

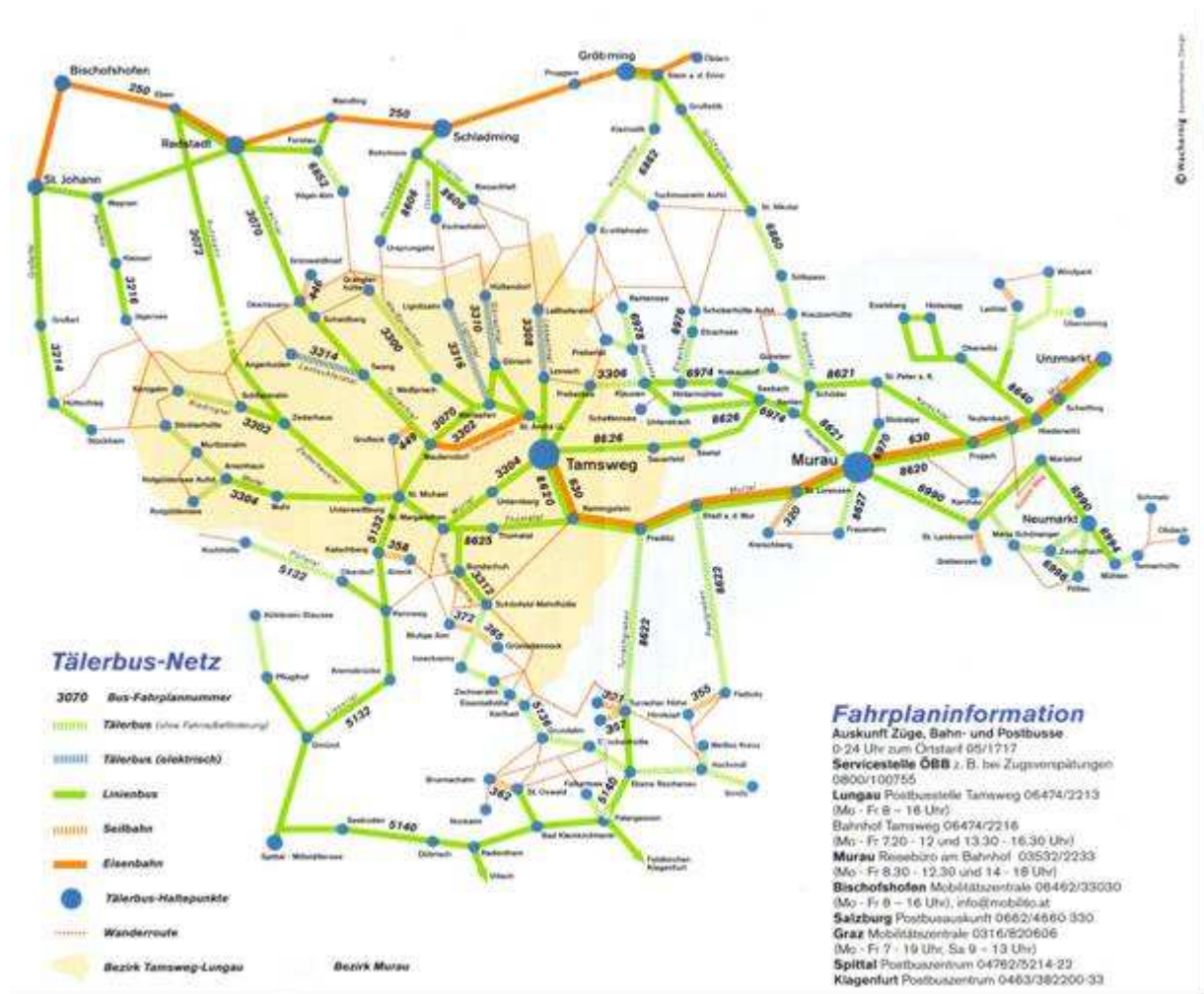


## 2 Tälerbusse in der Region Lungau-Murau-Nockgebiet

Seit 1989 sind Tälerbusse ein wichtiger Teil des Öffentlichen Verkehrs in den sensiblen Alpentälern der Region Lungau-Murau-Nockgebiet.

### 2.1 Das Tälerbus-Streckennetz:

Die folgende Abbildung (entnommen aus der Broschüre: ‚Wandern mit Genuss. Mobil mit Bahn und Bus. Sommer 2004‘) zeigt das Tälerbus-Netz in der Saison 2004:



### 2.2 Tälerbus-Fahrgäste

Seit Beginn des Tälerbusprojekts ist sowohl die Zahl der Tälerbusstrecken als auch die Gesamtzahl der von den Tälerbussen beförderten Fahrgäste kontinuierlich gestiegen. Vor allem ‚verkehrsberuhigende‘ Maßnahmen in einzelnen Tälern (z.B. im Riedingtal, am Zufahrtsweg zur Sticklerhütte,...) bewirkten einen sprunghaften Anstieg der Tälerbus-Nutzer.

Die folgende Tabelle zeigt die Entwicklung der Fahrgastzahlen einiger Tälerbus-Strecken während der Laufzeit des Projekts ‚Abgasfrei Mobil 2002‘:

Tälerbus-nummer	Tälerbus - Strecke	Fahrgäste 2002	Fahrgäste 2003	Fahrgäste 2004 <sup>3</sup>
3300	Hinterweißpriach - Ulnhütte	385	80 <sup>4</sup>	329
3302	Schliereralm - Königalm (Naturpark Riedingtal)	10541	15754	10910
3304	Arsenhaus - Sticklerhütte	2226	2441	2114
3306	Prebersee - Klausen	179	216	152
3308	Lessach - Laßhoferalm	16	36	55
3310	Hintergöriach - Hüttendorf Hansalhütte	36	60	54
3312	St. Margarethen - Innerkremis	36	394	415
3314	Tweng - Angerboden	50	175	165
3316	Mariapfarr - Lignitzalm	- <sup>5</sup>	96	104
5136	Ebene Reichenau - Dr. Mehrl Hütte	1623	1948	1896
5140	Patergassen - Falkertsee	580	715	573
6860	St. Nikolai - Schöder	81	169	127
6862	Stein a. d. Enns – Breitlahnalm/Aufstieg Tuchmoaralm	116	155	106
6976	Krakau Hintermühlen – Etrachsee – Schoberhht. Aufst.	190	357	225
6978	Klausen – Rantensee/Prebertal Moarhütte	121	205	280
6996	Neumarkt/Stmk. - Zeutschach	?	206	?
8622 a	Predlitz – Turracher Höhe	13	13	25

**Tabelle 2:** Fahrgastzahlen einiger Tälerbusstrecken

Anmerkungen zu den Fahrgastzahlen: Da die Tälerbusse zum Großteil zu Ausflugszwecken und von Wander-Touristen genutzt werden, sind die Fahrgastzahlen natürlich auch sehr vom Wetter abhängig. Der Sommer 2004 ist mit dem Sommer 2003 infolge des verregneten Julis nicht vergleichbar. Dennoch blieben die Fahrgastzahlen 2004 (soweit die Zahlen zur Zeit der Erstellung dieses Berichts schon bekannt waren) nur wenig hinter dem ‚Jahrhundertsommer‘ 2003 zurück; in Einzelfällen gab es sogar Zuwächse.

### 2.3 Elektrofahrzeuge im Tälerbuseinsatz

Wie bereits im Abschnitt 1.1 erwähnt wurden im Tälerbusverkehr bereits seit 1990 Null-Emissions-Fahrzeuge eingesetzt. Dabei haben sich Elektrofahrzeuge für den Einsatz im Gebirge als prinzipiell geeignet erwiesen, aber im Laufe der Jahre traten bei den eingesetzten Fahrzeugen Defekte und Verschleißerscheinungen auf, sodass ein kräftiger technischer Innovationsschub für die Weiterführung des Elektro-Tälerbusbetriebes

<sup>3</sup> Für die Tälerbus-Saison 2004 waren zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes die Fahrgastzahlen leider noch nicht von allen Tälerbusstrecken bekannt. Die in dieser Spalte angegebenen Fahrgastzahlen entsprechen dem Stand von Mitte September 2004, bis Saisonende (Mitte Oktober) können sich daher noch etwas höhere Fahrgastzahlen ergeben.

<sup>4</sup> Wegen Felssturzes war das Weißpriachtal im Sommer 2003 gesperrt und konnte nur bis zur Dicklerhütte befahren werden, daraus resultiert auch der Fahrgastrückgang gegenüber der Saison 2002.

<sup>5</sup> wegen Fahrzeugmangels konnten in der Saison 2002 keine Tälerbusfahrten ins Lignitztal angeboten werden.

unbedingt nötig war. Im Rahmen des Projektteils ‚Drehstromantriebe für Elektrokleinfahrzeuge‘ konnten die Fahrzeuge auf den neuesten technischen Stand gebracht werden, damit war auch das Angebot von Elektro-Tälerbusfahrten in Lungauer Tälern wieder möglich. Im Folgenden wird der Einsatz der Elektrofahrzeuge in den einzelnen Tälerbus-Saisonen während der Laufzeit des Projekts ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ zusammengefasst:

### **2.3.1 Tälerbus-Saison 2002**

Wegen massiver Verzögerungen bei den Förderzusagen, konnte in der Tälerbus-Sommersaison 2002 nur ein Teil der defekten Elektrofahrzeuge auf den neuesten technischen Stand gebracht, und damit einsatzfähig gemacht werden. Da daher für den Tälerbuseinsatz nicht, wie ursprünglich geplant, die gesamte Elektrofahrzeugflotte zur Verfügung stand, konnte z.B. die Tälerbusstrecke von Mariapfarr ins Lignitztal aufgrund von Fahrzeugmangel in der Tälerbus-Sommersaison 2002 nicht angeboten werden.

Vier Elektrofahrzeuge standen in der Sommersaison 2002 (zumindest teilweise) im regulären 'Tälerbus'-Einsatz:

Lessach:



Ein Hyundai Gleichstromfahrzeug ist seit 1997 in Lessach stationiert. Im Sommer 2002 trat ein Defekt am Ladegerät auf, die Fahrzeugbatterien konnten nicht aufgeladen werden. Während das Fahrzeug von der Montanuniversität Leoben repariert wurde, wurde ein Lamborghini (ebenfalls mit Elektroantrieb) ersatzweise eingesetzt.



Ein Lamborghini Gleichstrom-Fahrzeug (gesponsert von den Salzburger Grünen) wurde 2001 in Lignitz eingesetzt und erlitt leider schon nach 14 Tagen Einsatzdauer einen Bürstenschaden. Nach Reparatur durch die Montanuniversität Leoben konnte dieses Fahrzeug in der Sommersaison 2002 als Zweitfahrzeug für Lessach eingesetzt werden. Mangelnde Reichweite konnte durch Batterientausch behoben werden.

## Twenger-Lantschfeld:



Ein weiteres Hyundai Gleichstrom-fahrzeug mit Motor-Totalschaden wurde von der Montanuniversität Leoben auf Drehstrom-Asynchronantrieb umgerüstet. (Vorteile des Asynchronantriebs gegenüber dem Gleichstromantrieb: 30% höherer Wirkungsgrad, Motor-Überlastungsschutz, Rekuperationsmöglichkeit). Der Einsatz dieses auf Asynchronantrieb umgerüsteten Elektrofahrzeugs im Twenger Lantschfeld ab 18.7.2002 verlief sehr zufriedenstellend. Ein aufgetretener Relais-Defekt konnte rasch behoben werden.

## Göriach:



Ein Graf Carello Fahrzeug (20 km/h) wurde zu Beginn der Saison 2002 in Göriach eingesetzt. Stetig abnehmende Reichweite deutete jedoch auf einen Defekt im Bereich Ladegerät/Batterie hin. Dieses Fahrzeug wurde als ungeeignet für den Talerbusbetrieb eingestuft, und daher in der folgenden Talerbus-Saison nicht mehr angemietet.

Neben den im regulären Talerbus-Einsatz stehenden Fahrzeugen, standen 2002 noch zwei weitere Elektrofahrzeuge für Versuchs- und Testzwecke bzw. als Ersatzfahrzeug zur Verfügung:

- Ein Lamborghini Gleichstrom-Fahrzeug wurde von Bezirkskammerrat Josef Rauch (Oberwölz) für den Einsatz im Lungau als Ersatzfahrzeug für Ausfälle angemietet.
- Im Juni 2002 konnte mit einem Graf-Carello Fahrzeug (Höchstgeschwindigkeit 12km/h) eine Probefahrt am extrem steilen Rotgüldenweg (20%) erfolgreich absolviert werden. Ein geplanter einwöchiger Testeinsatz auf diesem Wegeabschnitt scheiterte aber an der ungelösten Versicherungsfrage.

Außerdem wurden Fahrzeuge aus der Talerbus-Elektrofahrzeugflotte 2002 bei einigen Festen (Fußballfest in Mariapfarr, Bio- und Ökomarkt in Tamsweg, Autofreier Tag in Göriach) publikumswirksam präsentiert.

### 2.3.2 Talerbus-Saison 2003

In der Talerbus-Sommersaison 2003 stand bereits in vier Tälern (Twenger Lantschfeld, Lignitz, Göriach, Lessach) ein respektables Elektrofahrzeug-Angebot für den Gast zur Verfügung. Insgesamt waren im Sommer 2003 fünf Elektrofahrzeuge im Talerbuseinsatz: Vier standen im regulären Einsatz, ein Lamborghini Gleichstrom-Fahrzeug wurde von Bezirkskammerrat Josef Rauch (Oberwölz) für den Einsatz im Lungau als Ersatzfahrzeug für Ausfälle angemietet.

Die beiden mit Asynchronmotoren aufgerüsteten Hyundai-Fahrzeuge, die im Twenger Lantschfeldtal und in Mariapfarr eingesetzt wurden, haben sich bestens bewährt. Das gilt im Wesentlichen auch für die beiden generalüberholten Lamborghini, die in Lessach und in Göriach im Einsatz waren. Geringfügige technische Mängel konnten entweder sofort behoben oder dank des Reservefahrzeuges für den Kunden unbemerkt ausgemerzt werden.

Im Folgenden wird der Einsatz der Elektrofahrzeuge in der Saison 2003 tälerrweise kurz beschrieben:

### **Twenger Lantschfeld:**



Im Twenger Lantschfeld kam der mit Asynchronantrieb neu aufgerüstete Hyundai zum Einsatz. Der Fahrer sagte dieser Fahrzeugtyp zu; sie hat den Betrieb mit großer Umsicht und Sachkenntnis ausgeführt. Gegenüber der Saison 2002 mit 50 Fahrgästen wurden in der Saison 2003 rund 180 Fahrgäste befördert, die durchwegs begeistert waren. Der Betrieb verlief klaglos mit oft mehreren Fahrten pro Tag (sparsamer Motor und gute Reichweite!). Fallweise wurden sogar einige km weiter

taleinwärts gefahren als planmäßig vorgesehen. Lediglich bei einer 10-köpfigen Reisegruppe musste ein PKW aushelfen; obwohl der Hyundai von mehreren Fahrten dieses Tages schon einigermaßen leergefahren war, konnte ein Teil dieser Gruppe für den Großteil der Strecke noch elektrisch befördert werden. Das Kundenecho war positiv; es gab sogar Telefonanrufe mit anerkennenden Stellungnahmen. Ein Gespräch vor Saisonbeginn mit Gemeinde und Tourismusverband hat möglicherweise auch dazu geführt, dass das "Schlüssel-Herborgern" für den abgeschränkten Weg nicht mehr so leichtfertig erfolgte wie in den Vorjahren.

### **Lignitz:**

Der erste mit Asynchronantrieb aufgerüstete Hyundai mit dem Solardach, der 2002 im Twenger Lantschfeld eingesetzt worden



war, wurde 2003 in die Obhut des Tourismusverbandes Mariapfarr übergeben. Durch das Gewicht des Solardachs hat dieses Fahrzeug nämlich eine geringere Bodenfreiheit und eignet sich daher besser für den Einsatz im Bereich Mariapfarr-Lignitz, da die Wege dort besser sind als im Twenger Lantschfeldtal; außerdem sind auch die Fahrgast-Frequenzen geringer. Dieses Fahrzeug ist aber nicht nur aus technischen Gründen für den Bereich Mariapfarr gut geeignet – in Mariapfarr ist es vor allem auch aus Marketinggründen sehr wichtig, dass ein Teil des Fahrstromes vom Solardach bezogen

wird: Die Tourismusverantwortlichen in Mariapfarr betreiben verstärkt Werbung mit dem "sonnenreichsten Ort Österreichs" und möchten wieder die Kooperation "Lungauer Sonnseitn" aufleben lassen (die ja auch zum Namen "Sonnybus" für die Elektrofahrzeuge geführt hat). In ausgewählten Häusern wird den Gästen eine "Sonnenscheinngarantie" gewährt. Zum Angebot gehören auch Fahrten mit dem Sonnybus.

Zu Beginn der Talerbussaison 2003 bestand in Mariapfarr das Problem, dass kein Fahrer für diesen Tälerbus vorhanden war. Nach einem etwas zaghaften Saisonbeginn wurde schließlich ein pensionierter Busfahrer gewonnen, der die Fahrten am abgeschrankten Lignitztalweg zur vollen Zufriedenheit ausführte.

Negativ vermerkt wurde ein Reifenplatzer im Zuge einer Fahrt mit Selbstfahrern(!) in Weißpriach sowie der Umstand, dass die nachlaufende Elektronik bei kurz hintereinander erfolgendem Ein- und Ausschalten mit dem Startschlussel (z. B. beim Aufsperrn des Schrankens) bewirkt, dass sich das Fahrzeug einige Minuten nicht starten lässt.

Vom Tourismusobmann positiv angemerkt wurde, dass das Fahrzeug bei einer Testfahrt auf einem Forstweg bis auf 1800 m tadellos entsprochen hat.

Die geplanten Wochenendfahrten zur Ulnhütte im Weißpriachtal mussten wegen der Talsperre (wegen Felssturzgefahr) leider entfallen.

### **Göriach:**



Die Betreuung des in Hintergöriach eingesetzten Lamborghini wurde dankenswerterweise vom Gasthof Lacknerhof übernommen.

Bei einer Talauswartsfahrt (ohne Fahrgäste) lockerte sich eine Radmutter, was zum Totalausfall des mechanischen Bremssystems führte. Als Ersatzfahrzeug konnte der Oberwolzer Lamborghini unverzüglich eingesetzt werden. Dieses Fahrzeug erregte wegen seiner ungedrosselten Höchstgeschwindigkeit von 35 km/h die volle Begeisterung des Fahrers. Seitens der Projektleitung wird aber die Meinung vertreten, dass eine solche Geschwindigkeit auf Almwegen entbehrlich und überhaupt aus Versicherungs- und Sicherheitsgründen abzulehnen sei. - Der Bremsdefekt beim ursprünglich auf der Strecke von Hintergöriach ins Hüttendorf eingesetzten Lamborghini ließ sich beheben; der weitere Einsatz dieses Fahrzeuges verlief problemlos.

## Lessach:



Das seit 1997 permanent eingesetzte Hyundai-Gleichstromfahrzeug funktionierte auch in der Sommersaison 2003 anstandslos.

Auffallend war hier der Umstand, dass vielfach nach Sonnybusfahrten gefragt und dann dennoch der PKW verwendet wurde. Allgemein wird hier die Inanspruchnahme als zu gering betrachtet. Vermutlich müsste man Überlegungen im Sinne eines Lessach-Urlaubers anstellen, der anregte den PKW-Verkehr durch Mautgebühren, die deutlich höher sind als eine Busfahrkarte, zurückzudrängen.

### 2.3.3 Tälerbus-Saison 2004

Aufgrund der guten Betreuung und Ausrüstung der Elektrofahrzeuge durch die Tätigkeit der Montanuniversität Leoben gab es in der Sommersaison 2004 keine größeren Fahrzeugausfalle. Die Zuverlässigkeit der Fahrzeuge war zufriedenstellend; neben zwei elektrotechnischen Bagatelledefekten gab es vor allem Reifendefekte, was aufgrund der befahrenen Straßenoberflächen als normaler Verschleifaktor eingestuft werden kann (Reifendefekte gab es auch schon zur Zeit des Tälerbus-Dieselbetriebes durch den Postautodienst).

Als Reservefahrzeuge dienten in der Saison 2004 der Oberwolzer Lamborghini und der Tamsweger Lamborghini. Letzterer konnte anlässlich des Besuches der Umweltstadtratin von Oakland/Neuseeland präsentiert werden, was auch in den lokalen Medien einen Niederschlag fand. (siehe Abbildung 1)



**Abbildung 1:** Besuch der Umweltstadtratin von Oakland/Neuseeland

In der Saison 2004 konnten in 4 Salzburger Tälern wieder regelmäßig Fahrten mit Elektro-Talerbussen angeboten werden:

### **Twenger Lantschfeld:**



Aufgrund der zunehmenden Frequenzen war schon 2003 der 6-sitzige Hyundai (der sich technisch bei der 10 km langen, nicht asphaltierten und anspruchsvollen Talstrecke bestens bewährte) zeitweise etwas knapp. Zusätzlich zu diesem Fahrzeug wurde daher auch der eben wieder instand gesetzte Ford Transit für Tweng zugeteilt und funktionierte dort weitgehend einwandfrei. Beim Ford ergab sich ein Defekt bei der Elektronik, der durch das rasche Eingreifen von Ing. Lang umgehend behoben werden konnte. Leider können solche Zwischenfälle aufgrund der überalteten Elektronik nicht ausgeschlossen werden (das Fahrzeug ist seit 1991 im Talerbusbetrieb). Zur Beförderung von größeren Gruppen ist der Ford allerdings unerlässlich.

Als Ersatz und für kleinere Personengruppen hat sich der Drehstrom-Asynchron-Hyundai wiederum bestens und klaglos bewährt. Vor allem die Ladestromkapazität ist hervorragend; sporadisch konnte nicht nur bis zur Genossenschaftsalm, sondern sogar zur Lantschfeldkapelle beim Hüttendorf gefahren werden. Das "Schlüsselausborgern" für PKW-Ausflügler wurde nach Vorsprache bei Gemeinde und Weggenossenschaft auf ein tolerierbares Maß eingedämmt; sollte diese Unsitte wieder verstärkt einreißen, müsste bei den zuständigen Institutionen (Gemeinde und Weggenossenschaft) neuerlich vorgeschrieben werden.

### **Lignitz-Weißpriach:**

In Mariapfarr ist mit dem neuen Bürgermeister ein wichtiger Entscheidungsträger als Befürworter der Solarenergie aufgetreten. Die Gemeinde ist interessiert, auch Elektrofahrzeuge im Netzverbund solar zu betreiben und hat sich daher entschieden, künftig 2 adaptierte Hyundai zu halten. Daher konnte der 3. Hyundai aufgerüstet und Anfang Juli nach Mariapfarr ausgeliefert werden. Der Solardach-Hyundai wurde nach Abschluss der Synchronmotor-Testfahrten wieder für den Asynchronbetrieb zurückgebaut und wieder an Mariapfarr ausgeliefert. In Mariapfarr waren in der Saison 2004 also zwei Drehstrom-Asynchron-Hyundai im Einsatz. Probleme mit mangelhafter Batterieladung und vermutetem Defekt beim Ladegerät erwiesen sich als Wackelkontakt bei der Garagensteckdose. Nach entsprechender Überprüfung durch die Montanuniversität Leoben lief der Betrieb klaglos.

### **Göriach:**

Der den Salzburger Grünen gehörende Lamborghini wurde in Göriach in bewährter Weise wieder für Talerbusfahrten eingesetzt. Der Betrieb lief im Wesentlichen klaglos. Eine Reifenpanne konnte behoben werden. Außerdem wurde dieses Fahrzeug auch bei der Einweihung des Bienenlehrpfades in Göriach (durch Erzbischof Kotgasser) eingesetzt.



### **Lessach:**

Der hier eingesetzte letzte Gleichstrom-Hyundai in Originalausführung hatte im Winter 2003/04 einen Batterie-Totalschaden. Das Fahrzeug wurde nach Batterie-Sanierung in der Sommersaison 2004 in bewährter Weise wieder eingesetzt und lief klaglos. Obwohl sich die Frequenzen etwas erholt haben, ist in Lessach die geringe Inanspruchnahme des Tälerbus-Angebots nach wie vor ein Problem. Eine Lösung muss wohl im Rahmen des Projekts "Tälerbus neu" gesucht werden.

### **2.3.4 Die Zukunft der Elektro-Tälerbusse**

#### **Mariapfarr - Lungauer Zentrum für die Elektrofahrzeuge:**

Wie bereits erwähnt, ist die Gemeinde Mariapfarr sehr an Solarenergie interessiert: im neuen, marketingmaig auf "Mariapfarr, den sonnenreichsten Ort" ausgerichteten Wellnesszentrum "Samsunn" wird Biomasse und thermische Solarenergie genutzt, im Zuge der Hauptschulsanierung (ab Dezember 2004) wird die riesige optimal nach Süden geneigte Dachfläche mit Photovoltaik- und Warmwasserkollektoren bestückt und für thermische und photovoltaische Sonnenenergie genützt werden, und auf Wunsch der Gemeinde sollen auch die beiden in Mariapfarr stationierten Elektro-Tälerbusse im Solarverbund betrieben werden.

Wie sich bereits in der Talerbussaison 2003 gezeigt hat, kann der Talerbusbetrieb aber von den Angestellten des Tourismusverbands Mariapfarr nicht ‚nebenbei‘ mitübernommen werden. Das Tourismuspersonal in Mariapfarr wünscht sich daher eine zusätzliche Kraft für Fahrerdienst und Betreuung der Elektrofahrzeuge.

Mit dieser neuen Kraft für den Fahrerdienst und die Betreuung der Elektrofahrzeuge, soll versucht werden, in Mariapfarr das künftige Lungauer Zentrum für die Elektrofahrzeuge einzurichten:

Nachdem sich alle 4 Hyundai-Tälerbus-Fahrzeuge nach wie vor im Besitz des Tourismusverbandes Mariapfarr befinden, sollen dann auch die in Tweng, Göriach und in Lessach eingesetzten Tälerbus-Fahrzeuge vom Mariapfarrer Elektrofahrzeug-Zentrum mitbetreut werden.

Es ist vorgesehen, dass die neue Kraft von Frau Wessely, Bildungswerkleiterin in Tweng und routinierte Elektrofahrzeug-Fahrerin im Lantschfeld, in den praktischen Betrieb der Elektrofahrzeuge eingeführt wird.

Die mechanische Betreuung der Fahrzeuge wird künftig durch einen Servicevertrag mit der Werkstätte des Raiffeisen-Lagerhauses Tamsweg erfolgen.

Im Fall von Problemen mit Elektrik und Elektronik steht die Fa. Lang Elektronik (Leoben) zur Verfügung. Ing. Lang kann bei Bedarf innerhalb einer guten Stunde von Leoben im Lungau sein und beherrscht die Technik dieser Fahrzeuge wie niemand anderer.

## **3 Drehstromantriebe für Elektrokleinfahrzeuge**

### **3.1 Entwicklung innovativer Drehstromantriebe für den Tälerbuseinsatz**

Bisher wurden als Elektro-Tälerbusse ausschließlich Elektrofahrzeuge mit konventionellem Gleichstromantrieb eingesetzt. Diese Fahrzeuge hatten den Nachteil,

dass der Gleichstrommotor durch die starke Beanspruchung im Talerbusbetrieb (schlechte Wege, große Steigungen) leicht überlastet wurde, und dass es daher häufig zu Fahrzeugausfallen auf Grund von Motorberlastung kam.

Im Rahmen des Projektteils ‚Drehstromantriebe für Elektrokleinfahrzeuge‘ wurden am Institut für Elektrotechnik der Montanuniversität Leoben innovative robuste Drehstromantriebe entwickelt, die speziell an die Einsatzbedingungen im Talerbusbetrieb angepasst sind. Der Vorteil dieser neuen Drehstromantriebe gegenüber den Gleichstromantrieben ist zum einen die relativ hohe berlastungssicherheit, zum anderen haben diese neuen Antriebe einen signifikant höheren Wirkungsgrad als die Gleichstromantriebe und erlauben es außerdem durch Rekuperation beim Bremsen Energie zurückzugewinnen. Von der Montanuniversität Leoben wurden für den Tälerbuseinsatz zwei verschiedene Drehstromantriebe entwickelt – ein Drehstromantrieb mit Asynchronmaschine und ein Drehstromantrieb mit Permanentmagneterregter Synchronmaschine. Die Entwicklung dieser Drehstromantriebe wird im Anhang dieses Berichts detailliert beschrieben.

### 3.2 Vergleichender Flottenversuch der Elektro-Talerbusfahrzeuge

Drei der im Tälerbuseinsatz stehenden Elektrofahrzeuge wurden auf diese neu entwickelten Drehstromantriebe umgerüstet, die übrigen drei Elektrofahrzeuge (mit Gleichstromantrieb) wurden auf den neuesten technischen Stand gebracht und damit ebenfalls wieder einsatzfähig gemacht.

Der Einsatz dieser Elektro-Tälerbusse mit unterschiedlichen Antriebssystemen wurde als vergleichender Flottenversuch von der Montanuniversität Leoben technisch betreut und wissenschaftlich ausgewertet. Dazu wurden von der Montanuniversität Leoben spezielle Messfahrten mit den einzelnen Fahrzeugen sowohl auf eigens dafür ausgewählten Teststrecken in der Umgebung von Leoben als auch im Tälerbusgebiet durchgeführt. Zusätzlich wurde auch während des regulären Talerbuseinsatzes die ‚Performance‘ der Fahrzeuge beobachtet.

Für den Transport der Fahrzeuge zu den einzelnen Einsatzorten und unterschiedlichen Testfahrtstrecken wurde ein spezieller PKW-Anhänger verwendet.



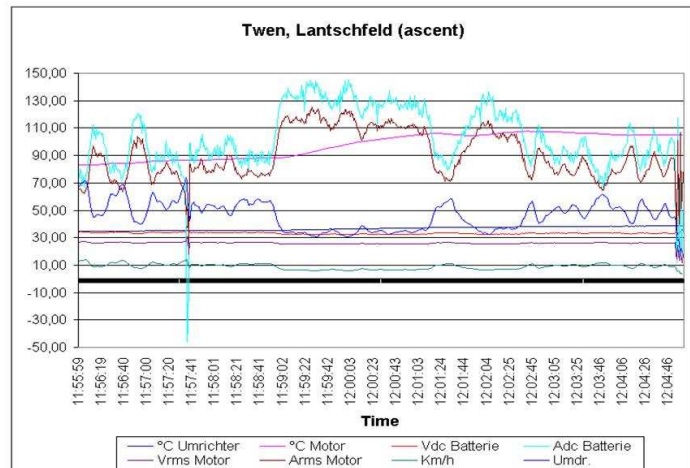
Abbildung 2: Spezialanhnger zum Transport der Elektrofahrzeuge zu den Einsatzorten

#### 3.2.1 Messfahrten mit den Elektro-Talerbusfahrzeugen

Die Messungen in den Fahrzeugen lieferten sehr viele aussagekräftige Daten zur Optimierung der Fahrzeugantriebe für die Praxis.

### Erfassung der Messwerte

Die Werte für Batteriespannung, Batteriestrom, Motorspannung, Motorstrom, Geschwindigkeit und Weg wurden im Betrieb mit einem Messwerterfassungssystem über die USB Schnittstelle in ein Notebook im Sekundentakt übertragen und aufgezeichnet. (siehe Abbildung 3)



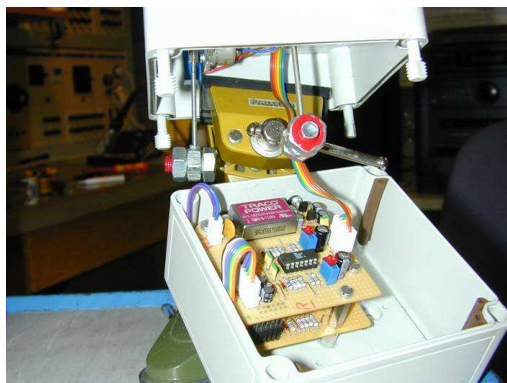
**Abbildung 3:** Messung von Motor-, Umrichter-, und Batterie-Kenngrößen während der Testfahrten

Die Messung der Geschwindigkeit und des Weges erfolgte mit Hilfe eines ‚Peissler-Rades‘ wie bei einem Fahrradtachometer (durch Impulzzählung). (siehe Abbildung 4)



**Abbildung 4:** Messung von Geschwindigkeit und Weg mit „Peissler-Rad“

Die Messung von Steigung und Seehöhe erfolgte mit Hilfe zweier elektronisch bedämpfter Pendel und mit Hilfe eines Druckmessgeräts. (siehe Abbildung 5)



**Abbildung 5:** Messung von Steigung und Seehöhe

### Auswahl der Messstrecken

Die Messfahrten mit den Elektrofahrzeugen wurden sowohl auf den Tälerbusstrecken als auch auf anderen, speziell ausgewählten Strecken durchgeführt. Nachfolgende Tabelle 3 zeigt eine repräsentative Auswahl der Messfahrten.

<b>Messfahrten (Lungau, Leoben)</b>						
<b>Datum</b>	<b>Ort</b>	<b>Fahrzeug</b>	<b>kWh</b>	<b>Seehöhe (m)</b>	<b>km</b>	<b>Bemerkung</b>
16.07.2002	Tweng - Lantschfeld	Hyundai ASM	2,68	1233 -1520	8,5	
16.07.2002	Lantschfeld - Tweng	Hyundai ASM	0,36	1520-1233	8,4	
16.07.2002	Tweng - Mariapfarr	Hyundai ASM	1,23	1233 - 1110	16,1	
17.07.2002	Mariapfarr - Lignitzalm	Hyundai ASM	3,59	1110 -1565	10,4	
17.07.2002	Lignitzalm - Mariapfarr	Hyundai ASM	0,47	1565-1110	11,9	
17.07.2002	Mariapfarr - Hintergöriach	Hyundai ASM	1,21	1110 - 1196	11,4	
29.08.2002	Lessach - Laßhoferalm - Lessach	Hyundai GM	1,72	1170 - 1270 - 1170	14,9	
29.08.2002	Lessach - Laßhoferalm - Lessach	Lamborghini	1,86	1170 - 1270 - 1170	13,4	
19.09.2002	Göriach - Hüttendorf - Göriach	Graf-Carello	1,87	1196 - 1420 - 1196	13,6	200 m geschoben!
19.09.2002	Göriach - Hüttendorf - Göriach	Hyundai ASM	1,96	1196 - 1420 - 1196	13,6	6 Personen
26.09.2002	Göriach - Hüttendorf - Göriach	Lamborghini	1,93	1196 - 1420 - 1196	13,9	
27.05.2003	Leoben - Gößgraben - Leoben	Lamborghini	2,73	541 - 1020 - 541	19,0	Ziel nicht erreicht, Motor heiß
25.06.2003	Göriach - Hüttendorf - Göriach	Lamborghini	2,69	1196 - 1420 - 1196	13,3	
25.06.2003	Göriach - Mariapfarr	Lamborghini	0,65	1196 - 1110	20,2	
08.07.2003	Lessach - Laßhoferalm - Lessach	Lamborghini	1,88	1170 - 1310 - 1170	17,1	
30.07.2003	Leoben - Gößgraben - Leoben	Papamobil	2,12	541 - 950 - 541	5,6	Ziel nicht erreicht, Motor heiß
30.07.2003	Leoben - Rundfahrt	Papamobil	0,45	541	10,1	
19.08.2003	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Lamborghini	2,45	1020 - 1520 - 1020	20,3	4 Personen
03.09.2003	Leoben Rundfahrt	Solcar	2,41	541	12	
03.09.2003	Leoben - Vordernberg - Leoben	Solcar	9,88	541 - 839 - 541	23,8	
12.11.2003	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Hyundai ASM	1,46	1020 - 1520 - 1020	20,2	3 Personen
19.11.2003	Leoben - Gößgraben	Hyundai ASM	2,14	541 - 1125	12,9	
25.05.2004	Lessach - Laßhoferalm - Lessach	Hyundai ASM	1,53	1170 - 1270 - 1170	14,1	
15.06.2004	Leoben - Seegraben	Hyundai PSM	1,63	541 - 816	6,5	
15.06.2004	Seegraben - Leoben	Hyundai PSM	0,44	816 - 541	5,7	
18.06.2004	Leoben - Gößgraben	Hyundai PSM	1,74	541 - 1125	12,6	nur bergauf
01.07.2004	Leoben - Gößgraben - Leoben	Hyundai PSM	2,37	541 - 1125 - 541	23,7	
05.07.2004	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Hyundai ASM	2,6	1020 - 1520 - 1020	20,7	6 Personen
13.07.2004	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Hyundai ASM	1,99	1020 - 1520 - 1020	23,3	4 Personen
15.07.2004	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Hyundai ASM	2,63	1020 - 1520 - 1020	19,2	6 Personen

**Tabelle 3:** Diverse Messfahrten (repräsentative Auswahl)

### ***Test der Geländetauglichkeit der Fahrzeuge im Gößgraben***



Die Höhendifferenz bei dieser Strecke beträgt 584 m. Die Fahrbahn ist auf den letzten 6 km nicht asphaltiert. Das Bewältigen dieser Strecke liefert damit die Freigabe der Fahrzeuge zum sicheren Einsatz im Talerbusbetrieb im Lungau.

**Abbildung 6:** Extreme Steigungen im kleinen Gößgraben bei Leoben

Die Messfahrten in den Gößgraben bei Leoben waren nur mit dem Drehstromantrieb möglich. Das beste Ergebnis lieferte dabei der Drehstromantrieb mit der permanentmagneterregten Synchronmaschine.

- Bei der Bergfahrt von Leoben in den Gößgraben wurde am 18.06.2004 eine Energiemenge von 1,74 kWh für die Höhendifferenz von 584 m verbraucht.
- Das gleiche Fahrzeug mit Asynchronmotor hatte für dieselbe Strecke am 19.11.2003 eine Energiemenge von 2,14 kWh verbraucht.
- Die Ersparnis beträgt 18,7 %. Die Ergebnisse vom Leistungsprüfstand konnten im praktischen Versuch voll bestätigt werden.
- Vom Lamborghini gibt es keine vollständige Vergleichsmessung, weil die Versuchsfahrt wegen Motorüberhitzung nach einer Höhendifferenz von 479 m beendet werden musste.
- Zusätzlich wurde noch ein älteres Fahrzeug - das „Papamobil“ auf der Teststrecke in den Gößgraben ohne sehr großen Erfolg ausprobiert - Nach einer Höhendifferenz von 409 m musste der Versuch abgebrochen werden.

Für die Auslieferung in die Tourismusregion wurde der Drehstromantrieb mit permanentmagneterregter Synchronmaschine durch einen Drehstromantrieb mit einer Asynchronmaschine ersetzt. Der erfolgreiche Antrieb mit der permanentmagneterregten Synchronmaschine ist trotz aller Vorzüge ein Prototyp und damit zum Betrieb durch Laien nicht zulässig.

### ***Messung des Energieverbrauchs der Fahrzeuge auf der Strecke zum Prebersee***

Für eine aussagekräftige Vergleichsmessung des Energieverbrauchs sind die Talerbusstrecken, die üblicherweise elektrisch befahren werden, nur bedingt geeignet. Es gibt auf jeder Strecke große Abschnitte ohne Asphaltbelag. Da der Rollwiderstand stark von der Fahrbahnbeschaffenheit abhängt, ist der Einfluss von Fahrbahnschäden (z.B. nach einem Gewitter) auf den Energieverbrauch sehr groß. Diese Erkenntnis wurde durch zahlreiche Testfahrten bestätigt.

Als Abhilfemaßnahme wurde eine gut geeignete Vergleichsstrecke gesucht. Die Anforderungen an diese Teststrecke - eine entsprechende Entfernung und vergleichbare Höhendifferenz - wurden durch die Route von Tamsweg zum Prebersee sehr gut erfüllt.



Abbildung 7: Prebersee, 1520 m Seehöhe

Diese Straße weist einen durchgehenden sehr guten Asphaltbelag auf. Der Einfluss der Rollreibung kann daher vernachlässigt werden, weil alle Fahrzeuge dieselbe Reifendimension aufweisen. Auch die Fahrzeugmasse ist bei allen Shuttlefahrzeugen ca. gleich groß. Die Beladung wurde bei den Vergleichsfahrten berücksichtigt.

Die Strecke wurde mit allen Hyundai Shuttlefahrzeugen mit Drehstrommotor befahren. In diesem Zuge wurden verschiedene Antriebsparameter variiert und optimiert.

Eine elektrische Nutzbremmung ist mit dem Drehstromantrieb eine Selbstverständlichkeit. In Abbildung 8 sieht man sehr deutlich die Wirkung. Das Zeitintervall zeigt das Einfahren in die Gefällestrecke bei der Talfahrt. Ohne mechanische Zusatzbremse kann dieser Streckenabschnitt mit dem Drehstromantrieb befahren werden. Es fließt Ladestrom in die Batterien. Die zulässige Stromgrenze ist beim Laden geringer als beim Entladen. Sie wurde daher entsprechend eingestellt.

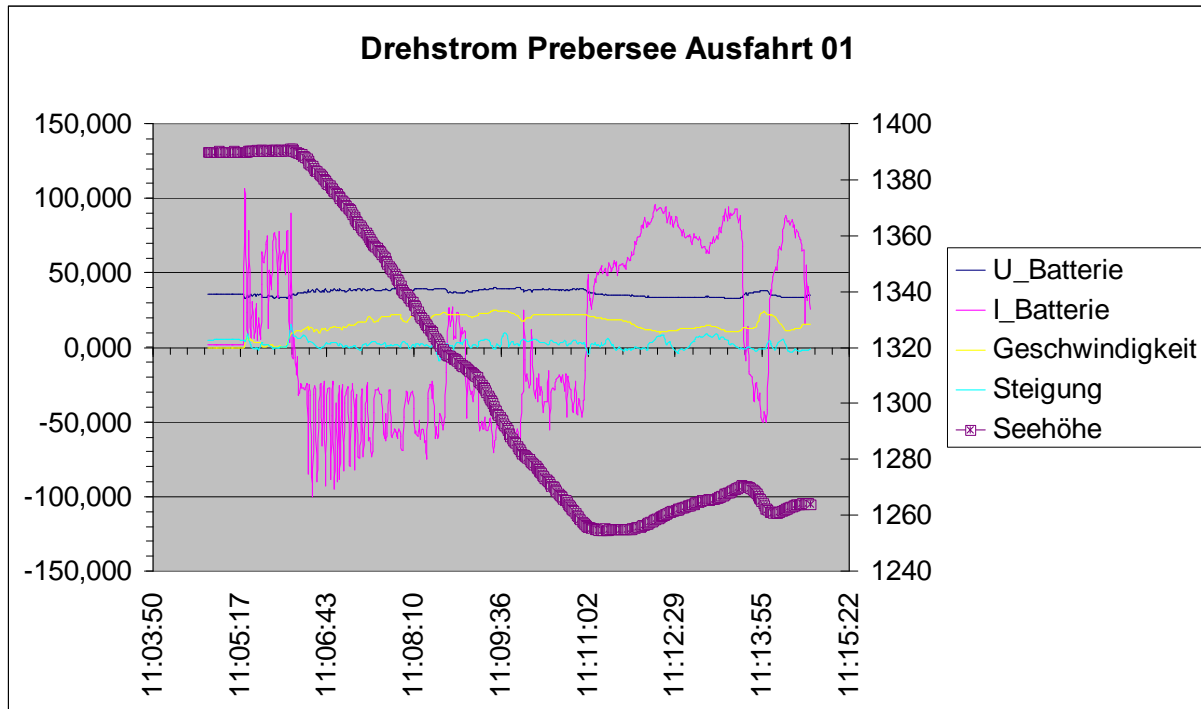


Abbildung 8: Messwerte bei der Talfahrt vom Prebersee Richtung Tamsweg

Vergleichsweise wurden auch Messfahrten mit dem Lamborghini mit einem Gleichstromantrieb durchgeführt. Der Antrieb des Lamborghini besteht aus einer fremderregten Gleichstrommaschine mit einem zeitgemäßen parametrierbaren Gleichstromsteller. Die Schaltung ermöglicht elektrisches Bremsen mit Energierücklieferung.

Eine thermische Überwachung des Motors bietet diese Schaltung aber nicht. Die Messfahrt am 25.07.2003 in den Gößgraben bei Leoben musste aus thermischen Gründen abgebrochen werden. Auch bei der Fahrt am 19.08.2003 von Tamsweg zum Prebersee sind Schäden durch Erwärmung an den Motorzuleitungen aufgetreten. Die Leitungen sind bei diesem Antrieb nur für einen Kurzzeitbetrieb ausreichend dimensioniert. Sie mussten bei allen Fahrzeugen durch größer dimensionierte, temperaturbeständige Leitungen ersetzt

werden. Zum Schutz des Motors wurden der maximale Motorstrom und die erreichbare Höchstgeschwindigkeit gesenkt. Dies führt zu einer erhöhten Betriebsicherheit gegen thermische Schäden. Bei Fehlbedienung der Fahrzeuge kann aber eine Gefährdung des Antriebs entstehen. Es ist daher dringend abzuraten, die Fahrzeuge an nicht geschulte Personen zu verleihen. Auch bei einem Lamborghini ist gleich in der ersten Saison ein Schaden aufgetreten, der durch unsachgemäße Behandlung verursacht wurde.

Der Hyundai mit Gleichstrommotor wurde auf dieser Strecke (Tamsweg – Prebersee) aus Sicherheitsgründen nicht eingesetzt, weil er keine elektrische Bremse besitzt. Das Befahren von längeren Gefällestrecken mit zu hoher Geschwindigkeit war eine der Ausfallursachen des Hyundai Gleichstromantriebs. Mindestens ein Gleichstrommotor wurde durch Überdrehzahl zerstört. Die anderen waren wegen thermischer Wicklungsschäden ausgefallen.

Mit dem Ford Transit mit Gleichstromantrieb („Solcar“) wurden nach der Adaptierung der Antriebselektronik Vergleichsfahrten durchgeführt. Der spezifische Energieverbrauch pro Fahrgast ist erheblich höher als bei den Shuttle-Fahrzeugen. Das Solcar besitzt eine Straßenzulassung für 9 Personen. Die Fahrleistungen sind daher mit einem Shuttlefahrzeug nicht vergleichbar. Das anteilige Eigengewicht ist konstruktionsbedingt erheblich höher.

<b>Messfahrten (Tamsweg - Prebersee)</b>						
<b>Datum</b>	<b>Ort</b>	<b>Fahrzeug</b>	<b>kWh</b>	<b>Seehöhe (m)</b>	<b>km</b>	<b>Bemerkung</b>
19.08.2003	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Lamborghini	2,45	1020 - 1520 - 1020	20,3	4 Personen
12.11.2003	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Hyundai ASM	1,46	1020 - 1520 - 1020	20,2	3 Personen
05.07.2004	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Hyundai ASM	2,6	1020 - 1520 - 1020	20,7	6 Personen
13.07.2004	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Hyundai ASM	1,99	1020 - 1520 - 1020	23,3	4 Personen
15.07.2004	Tamsweg - Prebersee - Tamsweg	Hyundai ASM	2,63	1020 - 1520 - 1020	19,2	6 Personen

**Tabelle 4:** Auswahl an Messfahrten auf der Strecke Tamsweg - Prebersee

Aus Tabelle 4 ist ersichtlich, dass der Energieverbrauch der Drehstromfahrzeuge bei gleicher Belastung erheblich niedriger als beim Gleichstromantrieb ist. Auch die niedrige Umgebungstemperatur bei der Fahrt am 12.11.2003 ergibt durch die geringere Motorerwärmung einen niedrigeren Energieverbrauch als er durch die kleinere Zuladung (3 Personen) zu erwarten ist.

Aus den Versuchsfahrten von Tamsweg zum Prebersee sieht man allgemein wie wirtschaftlich der Transport mit Elektrofahrzeugen ist.

- Die potentielle Energie zum Heben der Last um 500 m beträgt schon ca. 1,4 kWh.
- Bei der Fahrt am 05.07.2004 wurden bei einer Beförderung von 6 Personen für die Bergfahrt mit 500 m Höhendifferenz 3 kWh benötigt.
- Der Energierückgewinn bei der Talfahrt ergab ca. 0,4 kWh.
- Bei der gesamten Fahrt am 05.07.2004 wurden daher bei einer Beförderung von 6 Personen 2,6 kWh für eine Strecke von 20,7 km benötigt.

Aus diesen Daten ist der sinnvolle Einsatz der Elektrofahrzeuge eindeutig untermauert. Der Betrieb ist sehr wirtschaftlich

### 3.2.2 Beobachtung der Elektrofahrzeuge im regulären Tälerbuseinsatz

Zusätzlich zu den speziellen Messfahrten wurde auch im regulären Tälerbuseinsatz die ‚Performance‘ der Fahrzeuge beobachtet. Dabei wurden die Zuverlässigkeit, Alltagstauglichkeit und Wartungsfreundlichkeit dieser Fahrzeuge von der Montanuniversität Leoben untersucht.

Alle drei Hyundai mit Drehstromantrieb erfüllten zuverlässig alle technisch möglichen Transportaufgaben.

Wichtig ist aber, dass der Fahrer vor der Fahrt überprüft ob der Ladezustand der Batterie die geplante Fahrt ermöglicht. Da bei einem Batteriefahrzeug eine zuverlässige Anzeige der verfügbaren Restkapazität der Batterie technisch leider nicht möglich ist<sup>6</sup>, ist es unumgänglich, dass der Betreiber seine Erfahrung über den Energieverbrauch für die jeweilige Wegstrecke einfließen lässt.

## 4 Wissenschaftliche Begleitforschung zum Tälerbusprojekt

Im Rahmen des Projektes ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ führte die Forschungsgesellschaft Mobilität in der Tälerbus Sommersaison 2003 die wissenschaftliche Begleitforschung zum Tälerbusprojekt durch.

Im Folgenden werden der Ablauf und die Ergebnisse dieser wissenschaftlichen Begleitforschung kurz beschrieben.

Details zur Begleitforschung enthält der Bericht ‚*Abgasfrei Mobil 2002 – Wissenschaftliche Begleitforschung zum Tälerbusprojekt*‘. Dieser Bericht kann von der Tälerbuswebsite ([www.taalerbus.at](http://www.taalerbus.at)) heruntergeladen werden und ist auch bei der Forschungsgesellschaft Mobilität ([kargl@fgm.at](mailto:kargl@fgm.at)) erhältlich.

### Ziel der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt

Ziel der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt war es, Verbesserungspotentiale für die Kundeninformation und das Talerbussystem aufzuzeigen.

### Konzept der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt

1. Erstellung einer aktuellen Übersicht über das Talerbussystem
  - o Tälerbusstrecken
  - o Bedienungsqualität
  - o Organisationsstruktur
  - o Informationsmaterialien zum Tälerbus

---

<sup>6</sup> Bei einem Bleiakкумуляtor sinkt das Speichervermögen durch hohe Entladeströme stark ab. Dieses Verhalten ist typisch für einen Bleiakкумуляtor. (Vergleicht man die wesentlich teureren NiCd-, oder NiMh-Batterien, so ist bei denen bei 10-stündiger Entladung die Kapazität nur um 30-50% höher. Auf eine Entladung mit sehr hohem Strom reagieren diese Batterietypen aber bei weitem nicht so empfindlich wie Bleiakкумуляtoren.) Leider lässt sich aber (auch empirisch) keine Kennlinie ermitteln, die das Absinken der Batteriekapazität durch hohe nicht konstante Entladeströme zuverlässig nachbilden kann. Daher kann auch aus der Rechnung der entnommenen Amperestunden keine exakte Angabe über die restliche gespeicherte Energie erhalten werden. - Dies soll hier als Erklärung dafür stehen, warum ein Fahrzeug mit Bleiakкумуляtoren scheinbar eine geringere Zuverlässigkeit bietet als ein Verbrennungskraftmotor.



2. Erhebung der Wünsche und Bedürfnisse der ‚Multiplikatoren‘ zum Tälerbus  
Befragung der Tälerbusfahrer(innen)\* sowie der Mitarbeiter(innen)\* der Tourismusinformationsstellen, Quartiergeber(innen)\* und Hüttenwirte / wirtinnen\* in der Tälerbus-Region zu ihren Erfahrungen mit dem Tälerbus, zu ihren Wünschen und Verbesserungsvorschlägen
3. Erhebung der Wünsche und Bedürfnisse der (potentiellen) Tälerbus-Fahrgäste
  - o Befragung der Tälerbus-Fahrgäste zu ihren Erfahrungen mit dem Tälerbus, zu ihren Wünschen und Verbesserungsvorschlägen
  - o Befragung von Personen, die auf ‚Tälerbusstrecken‘ unterwegs sind ohne den Tälerbus zu nutzen, zu ihren Beweggründen den Tälerbus nicht zu nutzen
4. Erhebung der Einstellung der Quartiergeber, Hüttenwirte, Tälerbusfahrer und (potentieller) Tälerbusfahrgäste zu Verkehrsberuhigungsmanahmen in Tälern und Fahrverboten in Schutzgebieten
5. Ermittlung der Verbesserungspotentiale für die Kundeninformation und das Talerbussystem basierend auf der Analyse der Befragungsdaten und der im Zuge der Befragungen und Erhebungen gesammelten Erfahrungen

#### **4.1 Ablauf der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt**

##### ***4.1.1 Allgemeine Erhebung zum Tälerbus***

Um eine Übersicht über das komplexe Talerbussystem zu erhalten, wurde unter Zuhilfenahme des vorhandenen Informationsmaterials und anhand der Auskünfte des Tälerbuskoordinators und der jeweiligen Betreiber eine Zusammenstellung der Charakteristika der einzelnen Tälerbusstrecken erstellt.

Außerdem wurde auch erhoben, welche Tälerbusinformation für potentielle Tälerbusfahrgäste verfügbar ist, bzw. in welchen Medien Informationen zum Tälerbus angeboten werden.

##### ***4.1.2 Befragungen im Rahmen der Begleitforschung***

In persönlichen und telefonischen Interviews und mittels schriftlicher bzw. E-mail-Fragebögen wurden sowohl die Wünsche und Bedürfnisse jener Personengruppen, die als Multiplikatoren der Information zum Tälerbus fungieren als auch die Wünsche und Bedürfnisse der (potentiellen) Talerbuskunden ermittelt.

##### ***Befragung der Tourismusinformationsstellen***

Tourismusinformationsstellen sind sowohl für die Gäste als auch für die Einheimischen eine sehr wichtige Quelle von Informationen zum Tälerbus.

Im Zuge der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt wurden die Mitarbeiter der Tourismusinformationsstellen im Tälerbusgebiet einerseits zu Ihrem Informationsstand in Bezug auf den Tälerbus, zu Ihrer persönlichen Erfahrung mit dem Tälerbus und zu Ihren Wünschen und Verbesserungsvorschlägen zum Tälerbus befragt. Andererseits wurden die Mitarbeiter der Tourismusinformationsstellen im Tälerbusgebiet auch gebeten, den Informationsstand und die Bedürfnisse ihrer Kunden in Bezug auf den Tälerbus einzuschätzen.

---

\* Im Folgenden wird aus Gründen der Vereinfachung jeweils nur die männliche Form geschrieben, obwohl natürlich auch Frauen befragt worden sind.

Von 20 angesprochenen Tourismusinformationsstellen (14 in Salzburg, 5 in der Steiermark und 2 in Kärnten) haben 15 Tourismusinformationsstellen (14 aus Salzburg und 1 aus der Steiermark) an der Befragung im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbus teilgenommen.

#### *Befragung der Quartiergeber*

Für die Gäste sind neben den Tourismusinformationsstellen vor allem auch die Quartiergeber eine sehr wichtige Quelle von Informationen zum Tälerbus.

Da die Rücklaufquote bei Befragungen erfahrungsgemäß höher ist, wenn der Absender des Fragebogens bekannt ist, wurden die Tourismusinformationsstellen, die an der Befragung im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbus teilgenommen haben, gebeten, an Quartiergeber in ihrer Region Fragebögen weiterzuleiten. Dankenswerterweise haben sich 14 Tourismusinformationsstellen bereit erklärt an jeweils 15 bis 20 Quartiergeber in ihrer Region Fragebögen zu senden (per Post oder per E-Mail). Als Antwort auf diese erste Aussendung von Fragebögen langten aber nur 10 ausgefüllte Quartiergeber-Fragebögen bei der Forschungsgesellschaft Mobilität ein. Da die Rücklaufquote dieser ersten Aussendung von Fragebögen an die Quartiergeber so gering war, wurden im August 2003 weitere Quartiergeber in der Talerbusregion telefonisch befragt. 85 Quartiergeber im Tälerbusgebiet konnten im Zuge dieser Telefoninterviews zu ihrem Informationsstand, sowie zu ihren Erfahrungen und Verbesserungsvorschlägen zum Tälerbus befragt werden. Insgesamt (postalische und telefonische Befragung) nahmen 62 Quartiergeber aus Salzburg und 33 Quartiergeber aus der Steiermark an der Befragung im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbus teil.

#### *Befragung der Tälerbusfahrer*

Im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbus wurden die Fahrer der vier Tälerbusstrecken mit Elektrofahrzeug-Betrieb persönlich interviewt. Den Betreibern der übrigen Tälerbusstrecken wurden nach telefonischer Vorankündigung Fragebögen für ihre Tälerbusfahrer zugesandt. Von den 10 ausgesandten Fragebögen wurden 3 ausgefüllt an die Forschungsgesellschaft Mobilität retourniert.

#### *Befragung der Hüttenwirte*

Im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbus wurden an 20 Hüttenwirte im Tälerbusgebiet Fragebögen verschickt. 7 Hüttenwirte füllten den Fragebogen aus.

#### *Befragung der (potentiellen) Tälerbusfahrgäste*

Da eine persönliche Befragung der Tälerbusfahrgäste auf den meisten Tälerbusstrecken aufgrund der geringen Fahrgastzahlen nur sehr schwer möglich wäre, wurden die Fahrer der Tälerbusse gefragt, ob sie an ihre Fahrgäste Fragebögen austeilen und die ausgefüllten Fragebögen dann auch wieder einsammeln könnten. Dankenswerterweise haben sich die Fahrer von 7 Tälerbusstrecken dazu bereit erklärt. Allerdings hat die Forschungsgesellschaft Mobilität dann nur von 4 Talerbusfahrern auch tatsächlich ausgefüllte Fahrgastfragebogen (insgesamt 15 Stück) erhalten.

Auf der Tälerbusstrecke im Naturpark Riedingtal (Zederhaus) war aufgrund der (regelmäßig) hohen Fahrgastzahlen eine persönliche Befragung der Tälerbusfahrgäste möglich. Am 23. und 24. August 2003 konnten im Riedingtal 85 Fahrgäste des

Tälerbusses zu ihrer Meinung zum Tälerbus befragt werden. Außerdem wurden an diesen Tagen im Riedingtal auch 22 Personen, die den Tälerbus nicht nutzten, interviewt.

## 4.2 Ergebnisse der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt

### 4.2.1 Übersicht zur Bedienungs- und Informationsqualität

Im Jahr 1989 waren die ersten ‚Tälerbusse‘ auf vier Strecken im Gebiet des Salzburger Lungaus und der angrenzenden Steiermark unterwegs. Das Netz der Tälerbusstrecken ist seither kontinuierlich gewachsen. In der Sommersaison 2003 waren Tälerbusse auf 28 Strecken in den Bundesländern Salzburg, Steiermark und Kärnten unterwegs. Tabelle 5 listet die Tälerbusstrecken der Sommersaison 2003 nach ihren Fahrplan-Nummern<sup>7</sup> auf.

Tälerbus-Nummer <sup>8</sup>	Tälerbus - Strecke	Bundesland
3300	Hinterweißpriach - Ulnhütte	S
3302	Zederhaus - Königalm (Naturpark Riedingtal)	S
3304	(St. Michael) - Arsenhaus - Sticklerhütte	S
3306 (a)	Tamsweg - Prebersee	S
3306 (b)	Prebersee - Klausen	S/St
3308	Lessach - Laßhoferalm	S
3310	Hintergöriach - Hüttendorf Hansalhütte	S
3312	St. Margarethen - Innerkrams	S
3314	Tweng - Angerboden	S
3316	Mariapfarr - Lignitzalm	S
5132	Rennweg - Pöllatal	K
5136	Ebene Reichenau - Dr. Mehrl Hütte	K
6852	Mandling(Bf) - Forstautal Vögei Alm	St
6860	Gröbming - Schöder	St
6862	Gröbming - Breitlahnalm	St
6976	Hintermühlen – Etrachsee – Schoberhht. Aufst.	St
6978 (a)	Klausen - Prebertal Moarhütte	St
6978 (b)	Klausen - Rantensee	St
6996	Neumarkt/Stmk. - Zeuschach	St
8606 (a)	Schladming - Ursprungalm	St
8606 (b)	Schladming - Riesachfall	St
8606 (c)	Untertal b. Schladming - Hopfriesen	St
8622 (a)	Tamsweg - Ebene Reichenau	S/K
8622 (b)	Stadl a.d. Mur - Ebene Reichenau	St/K
8622 (c)	Ebene Reichenau - Hochrindl	K
8622 (d)	Stadl a.d. Mur - Flattnitz Hirnkopflift	St
8627	Murau-Stolzalpe Bf - Murau Frauenalm	St
8640	Wölzer Tälerbusse	St

**Tabelle 5: Tälerbusstrecken 2003**

Die einzelnen Tälerbusstrecken sind, wie Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen, sowohl in Bezug auf ihre Organisationsstruktur (Betreiber, Serviceart), als auch in Bezug auf ihr

<sup>7</sup> laut Tälerbus-Fahrplanheft Sommer 2003

<sup>8</sup>Nummer laut Tälerbus-Fahrplan 2003

Angebot (Fahr- und Betriebszeiten, Zahl der täglichen Fahrten) und ihr Erscheinungsbild (eingesetzte Fahrzeuge, Tarife) sehr unterschiedlich.

Tälerbusnummer <sup>9</sup>	Streckenlänge (km)	Fahrzeit (min)	Betreiber p= Postbus t= lokaler Tourismusverb. l= lokales Taxi-/Busunternehmen b= Landesbahn	Betriebszeiten t= täglich w= werktags a= werktags außer Samstag	Fahrzeug k= Kleinbus e= Elektrofahrzeug („Sonnybus“) b= (Midi)Bus s= Sonstiges (Traktorzug, etc.)	Tarif t= „Tälerbustarif“ <sup>10</sup> v= Verbundtarif s= Sonst. Tarif
3300	8	17	p (Mo-Fr) t (Sa, So)	t	b (Mo-Fr) e (Sa, So)	t
3302	5	10	p	t	b	v, s
3304	7	20	l	t	k	t
3306	7	10	l	a	k	v
3308	7	25	t	t	e	t
3310	7	30	t	t	e	t
3312	18	20	l	a	k	v, t
3314	9	40	t	t	e	t
3316	10	55	t	a	e	t
5132	8	45	t	t	s	s
5136	42	65	l	a	b	s
6852	17	25	t	Do	s	s
6860	23	33	l	a	k	v, t
6862	19	32	l	a	k	t
6976	6	15	l	a	k	t
6978	10	35 - 45	l	a	k	t
6996	16	30	p	t	b	v
8622 a	35	44	l	Di, Fr	k	t
8622 b	12	20	p	Mo, Do	b	s
8622 c	9	19	l	Mo, Do	k	t
8627	9	20	b	a	b	t
8640			l	a	k	t
‘Tonnerhüttenbus’	8	15	l	t	k	s
‘Wandertaxi Karchau’	7		l	t	k	s
‘Wandertaxi Maria Schönanger’	8		l	t	k	s

**Tabelle 6: Tälerbusstrecken 2003 – Betreiber, Betriebszeiten, Fahrzeuge und Tarife**

<sup>9</sup> Nummer laut Tälerbusfahrplan 2003

<sup>10</sup> „Tälerbustarif“: 3 €/Zone

Talerbus- Strecken <sup>11</sup>	Notwendige Vor Anmeldung				Mindest- anzahl Fahrgäste			Service art		Angebotene Fahrten pro Tag		Erste Hinfahrt				Letzte Rückfahrt		
	v	g	t	k	1	2	4	B	P	H	R	Vor 7:00	7:00- 8:00	8:00- 9:00	9:00- 10:00	15:00- 16:00	16:00- 17:00	Nach 17:00
3300		+	+		+			+	+	2	3			+		+		
3302		+	+			+		+	+	10	10	+						+
3304		+	+		+			+	+	5	6			+				+
3306		+			+				+	3	3				+		+	
3308	+					+		+		2	2		+					+
3310	+					+		+		2	1		+					+
3312		+	+			+		+	+	1	1		+			+		
3314	+					+		+		4	4	+					+	
3316	+					+		+		2	2			+		+		
5132		+	+		+			+	+	8	8			+				+
5136		+			+				+	3	4				+	+		
6852	+				+			+		b*	b*				+	+		
6860					+			+	+	2	2	+						+
6862					+			+	+	2	2			+			+	
6976		+			+			+	+	6	7			+				+
6978			+			+		+		3	2			+		+		
6996					+				+	2	2			+				+
8622 a	+					+		+	+	1	1				+			+
8622 b			+			+		+	+	2	1				+			+
8622 c	+					+		+		1	0				+			
8627			+				+	+		2	1		+				+	
8640	+					+		+		1	1			+			+	
'Tonnerhuttenbus'	+				+					b*	b*		+					+
'Wandertaxi Karchau'	+				+					b*	b*		+					+
'Wandertaxi Maria Schonanger'	+				+					b*	b*		+					+

Tabelle 7: Tälerbusstrecken 2003 – Voranmeldung, Fahrten pro Tag, früheste und späteste Fahrt

#### 4.2.2 Die wichtigsten Ergebnisse der Befragungen im Rahmen der Begleitforschung

##### A) Bekanntheitsgrad des Talerbusses

*Kennen die (potentiellen) ‚Multiplikatoren‘ den Tälerbus?*

Im Allgemeinen ist der Tälerbus im Lungau besser bekannt als im Steirischen oder Kärntner Tälerbusgebiet. Das liegt einerseits daran, dass der Tälerbus auf den Steirischen und Kärntner Tälerbusstrecken sehr oft nicht als ‚Tälerbus‘ bezeichnet wird. Andererseits

<sup>11</sup> Nummer laut Tälerbusfahrplan 2003

zeigen selbst die potentiellen ‚Multiplikatoren‘ der Tälerbusinformation im Steirischen und Kärntner Tälerbusgebiet kein Interesse am Tälerbus. Im Laufe der Entwicklung des Tälerbusprojekts haben sich viele Lungauer Tourismusstellen mehr und mehr mit dem Talerbuskonzept identifiziert und betrachten den Tälerbus heute oft als Bestandteil ihrer (Tourismus)Region. Einige Tälerbusstrecken im Lungau werden sogar von der lokalen Tourismusstelle betrieben. Bezeichnend für die Situation des Talerbusses in den einzelnen Regionen ist zum Beispiel, dass alle kontaktierten Tourismusinformationsstellen in Salzburg an der Befragung im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt teilgenommen haben. Die kontaktierten Steirischen und Kärntner Tourismusinformationsstellen zeigten hingegen wenig Interesse am Tälerbusprojekt, teilweise war ihnen auch nicht bekannt, dass auch in ihrer Region Tälerbusse fahren. Die einzige Steirische Tourismusinformationsstelle, die an der Befragung im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt teilgenommen hat, liegt in einer Grenzregion zu Salzburg, in der heuer eine spezielle Informationskampagne zum Tälerbus in dieser Region mittels Postwurf-sendung durchgeführt worden ist.

Ähnlich wie bei den Tourismusinformationsstellen verhält es sich auch bei den Quartiergebern im Tälerbusgebiet: während die Quartiergeber im Salzburger Tälerbusgebiet in Bezug auf den Tälerbus in ihrer Region zum Grosteil recht gut informiert sind, gibt es speziell unter den kleineren Quartiergebern in der Steiermark sehr viele, die angeben nicht ausreichend informiert zu sein bzw. häufig selbst mit dem Begriff ‚Tälerbus‘ nichts anfangen können.

In etwa jeder Fünfte der befragten Quartiergeber im Salzburger Tälerbusgebiet und jeder Dritte der befragten Quartiergeber im Steirischen Tälerbusgebiet fühlt sich nicht ausreichend über den Tälerbus informiert.<sup>12</sup>

#### *Kennen die Bewohner des Talerbusgebiets und die Urlaubsgäste den Tälerbus?*

Ein Grosteil der Einheimischen im Salzburger Tälerbusgebiet kennt, nach Einschätzung der lokalen Tourismusinformationsstellen, den Tälerbus in ihrer Region. Diese Einschätzung deckt sich mit dem Ergebnis der Befragungen – über 80% der befragten Einheimischen haben zumindest den Begriff ‚Tälerbus‘ schon gehört. Nach Einschätzung der meisten der befragten Tourismusinformationsstellen ist der Tälerbus aber unter den Urlaubsgasten nicht so gut bekannt. Auch diese Einschätzung wird durch die Befragungen der (potentiellen) Tälerbusfahrgäste bestätigt: zum Beispiel haben nur etwas mehr als 40% jener Urlauber, die den Tälerbus im Riedingtal nicht genutzt haben, den Begriff ‚Tälerbus‘ vorher schon einmal gehört.

## **B) Informationsfluss**

#### *Woher erhalten Tourismusinformationsstellen Informationen zum Tälerbus?*

Da leider fast ausschließlich Salzburger Tourismusinformationsstellen an der Befragung im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt teilgenommen haben, sind auch nur von den Salzburger Tourismusinformationsstellen die Quellen, aus denen sie Tälerbusinformationen beziehen, bekannt: Fast alle Salzburger Tourismusinformationsstellen erhalten nach eigenen Angaben Tälerbusinformationen vom Tourismusverband (‚Ferienregion Lungau‘). Außerdem bekommen zwei Drittel der befragten Salzburger Tourismusinformationsstellen Tälerbusinformationen direkt vom

---

<sup>12</sup> Anmerkung des Tälerbuskoordinators: Dazu muss man bedenken, dass Nicht-ÖV-Benutzer (und dazu zählen die meisten Quartiergeber) z.B. auch über die wichtigsten Bahn- und Busverbindungen in ihrer Region nicht informiert sind.

Tälerbus-Koordinator (Dr. Hocevar) und vom Leiter der Tälerbus-Werbung (Mag. Regner). Ungefähr jede Dritte der befragten Salzburger Tourismusinformationsstellen erhält Informationen zum Tälerbus vom Lungautaktkoordinator (Hr. Schitter). Die Hälfte der befragten Mitarbeiter der Salzburger Tourismusinformationsstellen wirft (zumindest gelegentlich) einen Blick in die Tälerbus-Website.

#### *Woher erhalten Quartiergeber Informationen zum Tälerbus?*

Bei den Salzburger Quartiergebern ist die Hauptinformationsquelle in Bezug auf den Tälerbus die örtliche Tourismusinformationsstelle. Für ‚größere‘ Salzburger Quartiergeber ist auch der Tourismusverband (‚Ferienregion Lungau‘) eine wichtige Quelle für Informationen zum Tälerbus. Die ‚kleineren‘ Salzburger Quartiergeber beziehen Tälerbusinformationen oft auch noch von der Gemeinde und aus dem Internet (Tälerbuswebsite).

Für die Steirischen Quartiergeber spielt die lokale Tourismusinformationsstelle als Informationsquelle zum Tälerbus keine so zentrale Rolle wie in Salzburg. Steirische Quartiergeber erhalten Informationen zum Tälerbus am häufigsten durch Postwurfsendungen und Prospekte. Für die ‚kleineren‘ Steirischen Quartiergeber spielt auch ‚Mundpropaganda‘ eine sehr wichtige Rolle als Informationsquelle zum Tälerbus.

#### *Woher erhalten Hüttenwirte Informationen zum Tälerbus?*

Für die befragten Hüttenwirte sind der Tälerbusfahrer und die örtliche Tourismusinformationsstelle die Hauptinformationsquellen zum Tälerbus. Vereinzelt beziehen Hüttenwirte Informationen zum Tälerbus auch aus dem Tälerbusfahrplan. Aber den meisten der befragten Hüttenwirte sind die gedruckten Tälerbusinformationsmaterialien (Fahrplanheft, Wanderfalter, Streckenfahrpläne) nicht bekannt. Die Tälerbuswebsite kennt keiner der befragten Hüttenwirte.

#### *Woher erhalten (potentielle) Tälerbusfahrgäste Informationen zum Tälerbus?*

Die meisten befragten Urlauber im Riedingtal hörten vom Tälerbus von ihrem Vermieter bzw. von Bekannten. Für die befragten Fahrgäste anderer Tälerbusstrecken waren Tourismusbüro und Urlaubsprospekt neben dem Vermieter Hauptinformationsquellen zum Tälerbus.

Die befragten Einheimischen im Riedingtal bezogen Informationen zum Tälerbus vor allem von Bekannten und vom Tourismusbüro. Für fast ein Viertel der befragten Einheimischen gehört das Wissen um den lokalen Tälerbus zum selbstverständlichen ‚Allgemeinwissen‘.

### **C) Bevorzugte Informationsmedien**

#### *Bevorzugte Informationsmedien für Tourismusinformationsstellen*

So gut wie alle Tourismusinformationsstellen möchten die Tälerbusinformation in attraktiver gedruckter Form, die auch an die Gäste weitergegeben werden kann, erhalten.

Zusätzlich möchte mehr als ein Drittel der befragten Tourismusinformationsstellen Tälerbusinformation im Internet finden, und drei der 15 befragten Tourismusinformationsstellen möchten Tälerbusinformationen auch per E-mail Newsletter erhalten.

### *Bevorzugte Informationsmedien für Quartiergeber*

Am weitaus häufigsten wird von den Quartiergebern Talerbusinformation in gedruckter Form gewünscht. Etwa jeder Zehnte der befragten Quartiergeber wünscht sich zusätzlich Talerbusinformation über E-Mail Newsletter und Talerbusinformation im Internet. Fünf der befragten 95 Quartiergeber nannten auch den Wunsch nach telefonischer Talerbusinformation und 2 der befragten 95 Quartiergeber würden Talerbusinformation gerne auch im Radio hören.

### *Bevorzugte Informationsmedien für (potentielle) Talerbusfahrgäste*

Die bevorzugten Informationsmaterialien der befragten Talerbusfahrgäste sind zweifellos das Talerbusfahrplanheft und die Talerbuswanderfalter, wobei Einheimische eher das Fahrplanheft und Urlauber eher die Wanderfalter vorziehen. Fast 10% der befragten Einheimischen und ca. 20% der befragten Urlauber wollen auch Talerbusstreckenfahrpläne, und fast 20% der befragten Einheimischen und ca. 17% der befragten Urlauber möchten Talerbusinformation auch aus dem Internet beziehen können.

## **D) Bewertung des Talerbusses; Hauptkritikpunkte zum Talerbus**

### *Talerbusstrecken*

Die im Rahmen der Begleitforschung zum Talerbusprojekt befragten Personen waren mit den vom Talerbus bedienten Fahrzielen durchwegs sehr zufrieden.

### *Talerbusabfahrtszeiten*

Die Fahrzeiten des Talerbusses werden dort, wo der Talerbus sehr oft bzw. nach Bedarf fährt, besser bewertet als auf den übrigen Strecken. Die wichtigsten Kritikpunkte in Bezug auf die Abfahrtszeiten waren die (für längere Wanderungen) zu späten Abfahrtszeiten in der Früh und der Umstand, dass viele Talerbusstrecken am Wochenende nicht bedient werden.<sup>13</sup>

### *Talerbusfahrzeuge*

Die befragten Talerbusfahrgäste waren mit den eingesetzten Fahrzeugen im Großen und Ganzen sehr zufrieden. Beklagt wurde lediglich die auf manchen Strecken zu geringe Transportkapazität der eingesetzten Fahrzeuge (z.B. die überfüllten Busse im Riedingtal). Die befragten Talerbusfahrer und die befragten Tourismusinformationsstellen beurteilten die eingesetzten Fahrzeuge teilweise nicht ganz so positiv - Hauptkritikpunkte waren dabei die als unzuverlässig empfundenen Elektrofahrzeuge.

---

<sup>13</sup> Anmerkung des Talerbuskoordinators: Früher gab es in vielen Tälern Frühkurse um ca. 6:00 Uhr, aber diese wurde meist wieder gestrichen, da erfahrungsgemäß erst ab ca. 9:00 Uhr Fahrgäste zu erwarten sind. (z.B. wurde der 6:00 Uhr Kurs im Riedingtal noch nie benutzt!)

<sup>13</sup> Anmerkung des Talerbuskoordinators: Auf vielen Strecken wurde versuchsweise auch schon Wochenendbetrieb angeboten. Allerdings sind die Fahrgastzahlen am Samstag und am Sonntag erfahrungsgemäß nur ungefähr halb so hoch wie an den anderen Wochentagen, denn ein Großteil der Talerbuskunden sind Urlauber und für diese Kundengruppe ist Samstag/Sonntag An- bzw. Abreisetag. Auf vielen Strecken können Talerbusfahrten am Wochenende wegen der geringen Fahrgastzahlen und hohen Betriebskosten also aus wirtschaftlichen Gründen nicht angeboten werden. Außerdem fährt auch der ÖV im Lungautakt, der ja als Zubringer zum Talerbus fungiert, am Wochenende nicht. In Tälern, die für Autos und Motorräder gesperrt sind (wie z.B. das Riedingtal) ist ein Talerbusbetrieb hingegen auch am Wochenende kein Problem.



### *Tälerbusfahrpreis*

Der Tälerbusfahrpreis wird von den Befragten sehr unterschiedlich bewertet. Er erhielt von vielen Befragten eine schlechte Note, da der Fahrpreis vor allem für Familien mit mehreren Kindern als zu hoch empfunden wird<sup>14</sup>. Etwas mehr als die Hälfte der außerhalb des Riedingtals befragten Tälerbusfahrgäste findet den Fahrpreis gut. Von den einzelnen Hüttenwirten wird der Tälerbusfahrpreis ebenfalls sehr unterschiedlich bewertet: Jene Hüttenwirte, zu deren Hütten eine Zufahrt mit dem PKW möglich ist, finden den Tälerbus viel zu teuer und vergeben deshalb die Note ‚5‘; jene Hüttenwirte, deren Hütten mit PKW nicht erreichbar sind, vergeben alle die Note ‚1‘ für den Tälerbusfahrpreis.

### *Tälerbusfahrplanheft*

Von den derzeit angebotenen Informationsmedien zum Tälerbus wurde das Tälerbusfahrplanheft am schlechtesten bewertet. Von vielen Befragten wurde nämlich bemängelt, dass das Fahrplanheft zu unübersichtlich und zu klein gedruckt ist. Die Tourismusinformationsstellen und einige Quartiergeber bemängelten zusätzlich, dass die Tälerbusfahrpläne immer erst viel zu spät (- knapp vor Saisonbeginn) bekannt gegeben werden<sup>15</sup>.

### *Tälerbusstreckenfahrpläne*

Diese sind, nach Meinung vieler Befragter, viel übersichtlicher und besser lesbar als das Fahrplanheft. Bemängelt wurde in diesem Zusammenhang, dass es nicht für alle Tälerbusstrecken Streckenfahrpläne gibt.<sup>16</sup>

### *Tälerbuswanderfalter*

Die Tälerbuswanderfalter wurden von den Befragten durchwegs gut bewertet. Hauptkritikpunkt bei den Wanderfaltern war, dass für Kunden, die nur ein bisschen ‚spazieren gehen‘ möchten, bzw. mit Kindern nur eine kurze Wanderung machen möchten, keine Routenvorschläge angeboten werden.<sup>17</sup>

### *Tälerbuswebsite*

Die Tälerbuswebsite wurde teilweise relativ schlecht bewertet. Das liegt daran, dass Viele bemängeln, dass die aktuellen Tälerbusfahrpläne erst sehr spät (- zu Saisonbeginn) auf der

---

<sup>14</sup> Anmerkung des Tälerbuskoordinators: Vor der Einführung der Verkehrsverbünde gab es für den Tälerbus eine Tälerbusnetz Karte (Tälerbustageskarte bzw. Tälerbuswochenkarte) mit Familienermäßigung. Aus organisatorischen Gründen kann jetzt, da das Tälerbusgebiet auf 3 Verkehrsverbünde aufgeteilt ist, keine Tälerbusnetz Karte angeboten werden. Auf den Steirischen und den Salzburger Tälerbusstrecken werden aber Ermäßigungen für Inhaber des Steirischen bzw. Salzburger Familienpasses angeboten.

<sup>15</sup> Anmerkung des Tälerbus-Koordinators:

Da die Tälerbusabfahrtszeiten auf die lokalen Verbindungen im Öffentlichen Verkehr abgestimmt sind, und der Tälerbusfahrplan daher auf den Fahrplan der übrigen ÖV-Linien aufbaut, kann der Tälerbusfahrplan erst dann erstellt werden, wenn die Fahrpläne der übrigen lokalen ÖV-Linien bekannt sind. Bisher hat der Fahrplanwechsel in den Verkehrsverbänden immer erst Ende Mai stattgefunden. Daher waren die jeweils aktuellen Sommer-Fahrplandaten auch erst Ende Mai / Anfang Juni bekannt, und infolgedessen wurde der Tälerbusfahrplan auch erst knapp vor Saisonbeginn fertig. Heuer wurde der Fahrplanwechsel der Verkehrsverbünde, der bis jetzt immer erst Ende Mai stattgefunden hat, schon im Dezember vorgenommen. Daher kann für die Tälerbussaison 2004 damit gerechnet werden, dass der neue Tälerbusfahrplan schon im April vorliegen wird.

<sup>16</sup> Anmerkung des Tälerbuskoordinators: Streckenfahrpläne sind auf (weißem) A4-Papier gedruckte Fahrpläne der einzelnen Tälerbusstrecken – diese Fahrpläne sind identisch mit den im Tälerbusfahrplanheft enthaltenen Fahrplänen. Für jede Tälerbusstrecke ist der Streckenfahrplan bei Bedarf beim Tälerbuskoordinator erhältlich.

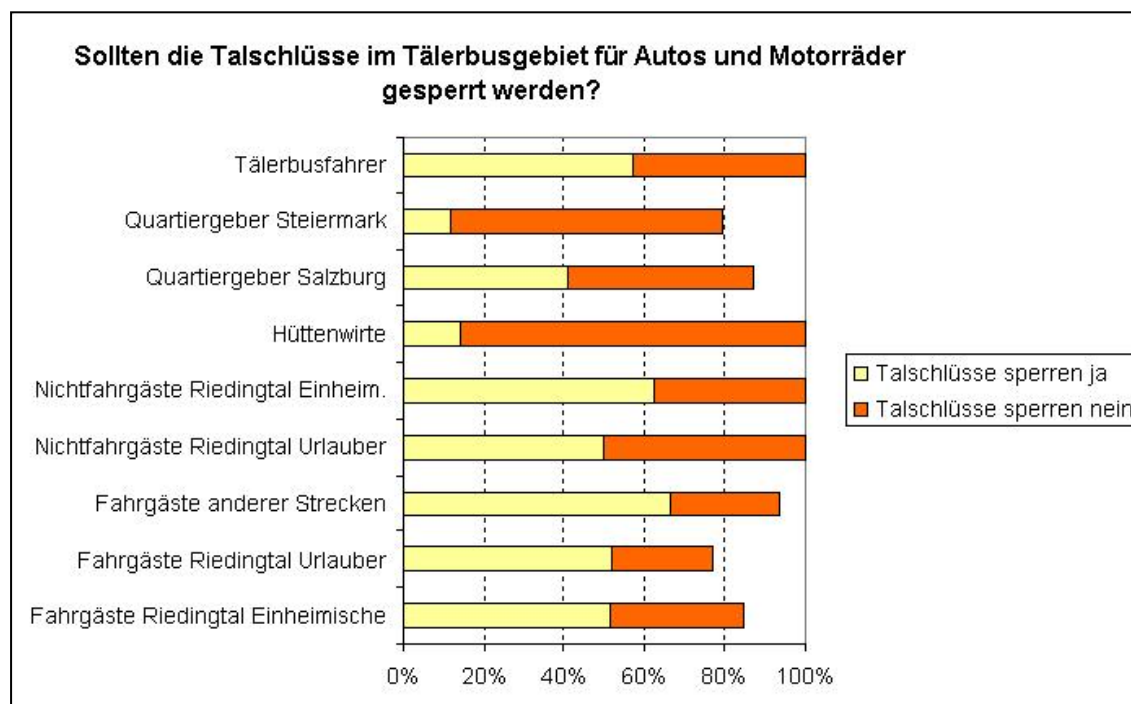
<sup>17</sup> Anmerkung des Tälerbuskoordinators: Im Tälerbusfahrplanheft und auf den Streckenfahrplänen wird am unteren Rand der Fahrpläne immer wieder auch auf leichte Wanderungen verwiesen.

Website zu finden sind, und dass die angebotenen Fahrpläne teilweise (wie beim Tälerbusfahrplanheft) sehr unübersichtlich sind.

### E) Verkehrsberuhigungsmanahmen in Talschlussen der Region

Der Tälerbus ist im Lungau und in der Krakau in einigen Tälern unterwegs, die (zumindest teilweise) für den Privatverkehr gesperrt sind. Speziell im Riedingtal aber auch auf der Strecke zur Sticklerhütte wurden damit gute Erfahrungen gemacht. Diese beiden Tälerbusstrecken weisen um ein Vielfaches höhere Fahrgastzahlen auf, als die übrigen Tälerbusstrecken (vgl. dazu Tabelle 2 auf Seite 10). Aus der Sicht des Tälerbusprojekts wäre es daher günstig, möglichst viele Talschlüsse, in denen der Tälerbus verkehrt, für private PKW und Motorräder zu sperren. Dadurch könnte die ökologische Qualität der Täler maßgebend verbessert werden. Weiters würde die Nachfrage nach dem Tälerbus steigen, und ein attraktiveres Tälerbus-Service (Studentakt) könnte angeboten werden.

Die Sperre der Talschlüsse ist ein sehr emotionsgeladenes und polarisierendes Thema, das aber für die Zukunft des ökologisch orientierten Tourismus in den Landschaftsschutzgebieten und für die Tälerbusse von großer Bedeutung ist. Daher wurden im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbus sowohl die Quartiergeber und die Hüttenwirte im Tälerbusgebiet, als auch die Tälerbusfahrer und die (potentiellen) Tälerbusfahrgäste zu ihrer Meinung zu diesem Thema befragt. Nachfolgende Abbildung 9 fasst die Ergebnisse dieser Befragungen zusammen.



**Abbildung 9:** Meinung der im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt Befragten zum Thema ‚Sperre der Talschlüsse im Tälerbusgebiet für den motorisierten Individualverkehr‘

Die befragten steirischen Quartiergeber und die befragten Hüttenwirte im Tälerbusgebiet waren mehrheitlich gegen eine Sperre der Talschlüsse im Tälerbusgebiet, da sie als Folge einer Sperre der Talschlüsse für den Individualverkehr das Ausbleiben der Gäste befürchten.

Unter den befragten Urlaubern im Riedingtal, die den Tälerbus nicht nutzten, und unter den befragten Talerbusfahrern halten sich die Zahl der Befürworter und der Gegner einer Sperre der Talschlüsse in etwa die Waage.

Von den im Riedingtal befragten Einheimischen (sowohl von den Talerbusfahrgasten als auch von jenen, die den Tälerbus nicht nutzten), und von den Fahrgästen anderer Tälerbusstrecken wurde eine Sperre der Talschlüsse für den motorisierten Individualverkehr mehrheitlich befürwortet.

Nachfolgende Tabelle 8 listet die Hauptargumente der Befürworter und der Gegner einer Sperre der Talschlüsse für den motorisierten Individualverkehr auf:

	Hauptargumente für das Sperren der Talschlüsse <sup>18</sup>	Hauptargumente gegen das Sperren der Talschlüsse
Quartiergeber	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motorisierter Privatverkehr schadet der Umwelt</li> <li>• Motorisierter Privatverkehr stört die Wanderer</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Befürchtung, dass dann die Gäste ausbleiben</li> <li>• Leute haben das Recht auf freien Zugang zur Natur</li> <li>• Zufahrt mit dem Privatauto ist bequemer</li> </ul>
Hüttenwirte	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gute Erfahrungen mit der gesperrten Zufahrt zur Sticklerhütte - die Reaktionen der Wanderer sind durchwegs positiv</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Befürchtung, dass dann die Gäste ausbleiben</li> </ul>
Tälerbusfahrer	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Durch motorisierten Privatverkehr entsteht zuviel Lärm und Staub</li> <li>• Weniger Verkehr ist besser für die Umwelt und für die Wanderer</li> <li>• Wanderer wollen mehr Ruhe</li> <li>• Natur und Wege sollen erhalten bleiben</li> <li>• Das würde mehr Nachfrage für den Tälerbus bringen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leute sollen sich aussuchen können, wie sie ins Tal kommen wollen</li> <li>• die Tälerbuskapazität ist zu gering - es würde dann bald keine Hüttenwirte mehr geben</li> </ul>
Tälerbusfahrgäste	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Der motorisierte Privatverkehr schadet der Umwelt und stört die Wanderer</li> <li>• Talsperre wäre besser für die Wege und Straßen</li> <li>• Talsperre wäre besser für den Tälerbus</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zufahrt mit Auto ist bequemer</li> <li>• Zufahrt mit Auto ist besser für ältere Menschen und Kinder</li> </ul>

**Tabelle 8:** Hauptargumente für und gegen die Sperre der Talschlüsse für den motorisierten Privatverkehr

### 4.3 Verbesserungspotential des Tälerbussystems

Die meisten Kritikpunkte, Verbesserungsvorschläge und Wünsche der im Rahmen der Begleitforschung zum Tälerbusprojekt befragten Personen beziehen sich auf die Information zum Tälerbus. In diesem Bereich liegt auch das größte Verbesserungspotential. Daneben gibt es aber durchaus auch in Bezug auf die Abfahrtszeiten, die

<sup>18</sup> Jene, die einer Sperre der Talschlüsse für den Privatverkehr grundsätzlich positiv gegenüberstehen, merkten aber an, dass das Tälerbusangebot im Falle einer Sperre der Talschlüsse für den Privatverkehr rigoros ausgeweitet werden müsste, sowohl hinsichtlich der Betriebszeiten und der Fahrtintervalle als auch hinsichtlich der Fahrzeugkapazitäten. Anmerkung des Tälerbuskoordinators: Selbstverständlich würde eine Talsperre nur erfolgen, wenn gleichzeitig ein gut ausgebautes Tälerbusservice (ähnlich wie im Riedingtal) zur Verfügung gestellt wird.

Betriebszeiten, die Tarife, die Haltestellengestaltung und die Talerbusfahrzeuge Kritik und Verbesserungsvorschläge.

Wirklich entscheidend für das dauerhafte Überleben des Tälerbusprojekts ist aber die Frage der ‚Verkehrsberuhigung‘ in den Tälern.

### A) Branding / Marketing

- Die Marke ‚Tälerbus‘ ist bisher zu wenig ausgeprägt und kann daher auch nur schwer beworben werden. Hilfreich wäre es, einerseits eine einheitliche ‚Linie‘ in Bezug auf Gestaltung der Informationsmaterialien, Fahrzeuge, Haltestellen- / Hinweistafeln, etc. zu entwickeln, und den Tälerbus auch ‚Tälerbus‘ zu nennen, andererseits müsste auch das Zusammengehörigkeitsgefühl all Jener, die am Tälerbusprojekt mitarbeiten gestärkt und gefördert werden (z. B. durch verbesserte interne Information, ‚Stammtische‘, etc.). Der Tälerbus müsste im touristischen Angebot der einzelnen Regionen mehr präsent sein.
  - Die Zielgruppe, die man mit dem Tälerbus erreichen will, sollte (neu) definiert werden:
    - Derzeit scheint man mit dem Talerbusangebot hauptsächlich passionierte Wanderer ansprechen zu wollen. Allerdings kommt gerade von diesen sehr häufig die Kritik, dass die Fahrzeiten des Talerbusses für Wanderer oft nicht geeignet sind, da auf vielen Tälerbusstrecken die früheste Hinfahrtsmoglichkeit für Wanderer zu spät ist, viele Tälerbusse am Wochenende nicht fahren, und das Talerbusangebot gerade zur besten Wandersaison (Fruhsummer, Herbst) nur eingeschränkt zur Verfügung steht.
    - Zwei wichtige Zielgruppen werden derzeit noch fast gar nicht angesprochen:
      - Menschen, die einfach nur einen kleinen Ausflug, einen kleinen Spaziergang machen möchten - Menschen, die einfach (ohne große Anstrengung) die Gemütlichkeit einer Berghütte, die Nähe zu den Bergen, die schöne Aussicht genießen wollen
      - Familien mit (kleineren) Kindern, die keine großen Wanderungen machen wollen / können, und eher das ‚Erlebnis‘ suchen (Gebirgsbäche zum Spielen, leicht erreichbare Wasserfälle, Almvieh, gemütliche Berghütten,...)
- Das derzeitige Talerbusangebot ist für diese Zielgruppen oft nicht geeignet, da z. B. die Intervalle zwischen den einzelnen angebotenen Fahrten zu groß sind<sup>19</sup> und die Tarifgestaltung das Tälerbus Fahren für Familien mit Kindern über 6 Jahren zu einem teuren Vergnügen macht. Allerdings gibt es schon viele gute Voraussetzungen, um diese Zielgruppen anzusprechen:
- Die Tälerbusse fahren durchwegs zu Zielen, die auch für diese Zielgruppen interessant sind – die Möglichkeiten, die sich am Fahrziel bieten, müssten allerdings besser beworben werden.
  - Speziell die Elektrofahrzeuge bieten ein außergewöhnliches Fahrerlebnis – die Fahrt mit ihnen müsste allerdings viel stärker als Attraktion an sich, und nicht nur als Möglichkeit ein Ziel zu erreichen, angepriesen werden. Die Begriffe ‚Spaß‘ und ‚Abenteuer‘ fehlen im derzeitigen Repertoire der Talerbuswerbung fast vollständig.

### B) Informationsfluss

- Alle(!) Personen, die in der Lage sein sollten zum Tälerbus Auskunft zu geben, müssen auch ausreichend (und rechtzeitig) über den Tälerbus informiert werden.<sup>20</sup>

<sup>19</sup> Dieses Problem könnte durch konsequente Verkehrsberuhigungsmanahmen mit gleichzeitiger Intervallverdichtung bestens gelöst werden.

<sup>20</sup> Anmerkung des Tälerbuskoordinators: In diesem Zusammenhang bemüht sich der Talerbuskoordinator schon lange um die Einrichtung einer Lungau-Murau-Mobilitätszentrale, die sowohl die

- Vor allem die ‚Multiplikatoren‘ – das sind in erster Linie Tourismusinformationsstellen und Quartiergeber – müssen detaillierte aktuelle Tälerbusinformationen sehr früh, am besten schon im März, erhalten.
- Mitarbeiter der Tourismusinformationsstellen (und nicht nur diese) brauchen einen Ansprechpartner, an den sie sich mit allen Fragen und Problemen bezüglich des Talerbusses wenden können.
- Im Zuge der gezielten Information von Quartiergebern sollten auch die ‚kleinen‘ Quartiergeber berücksichtigt werden, denn diese haben oft besonders guten Kontakt zu ihren Gästen und fungieren häufig als ‚Berater‘ ihrer Gäste.
- Ein Vorschlag, der im Zuge der Befragungen von Quartiergebern gemacht wurde war, dass es in jeder Region einen Informationsabend zum Tälerbus speziell für die Quartiergeber geben sollte.
- Die Tälerbusfahrer sollten ermuntert werden, auch ‚über den eigenen Tellerrand hinaus‘ zu schauen, sie sollten mehr Informationen über das gesamte Tälerbusnetz erhalten und sollten die Möglichkeit haben, mit anderen Talerbusfahrern Erfahrungen auszutauschen (z.B. Fahrerstammtisch, etc.)
- Die Fahrer der Elektrofahrzeuge sollten unbedingt eine umfassende Schulung für ihr spezielles Fahrzeug erhalten, damit sie im Betrieb sicher agieren und bei auftretenden Problemen richtig reagieren können. Das erhöhet einerseits die ‚Lebenserwartung‘ der Fahrzeuge und andererseits die Zufriedenheit und Selbstsicherheit der Fahrer und die Qualität des Services.

### C) Informationsmaterialien

- Viele der Befragten äußerten den Wunsch nach einer attraktiven, übersichtlichen Talerbusbroschure, die ‚Appetit‘ aufs Tälerbus Fahren macht
- Viele der Befragten bemängelten, dass das Tälerbusfahrplanheft zu klein gedruckt und zu unübersichtlich ist. Folgende Anregungen können zu einer Verbesserung der Lesbarkeit des Talerbusfahrplanheftes beitragen:
  - Inhaltsverzeichnis:  
Das Tälerbusfahrplanheft enthält neben Tälerbusinformationen auch noch eine Fülle anderer interessanter (touristischer) Informationen. Leider ist es fast unmöglich sich in dieser Informationsvielfalt zurecht zu finden. Hervorhebung dieser Informationen im Inhaltsverzeichnis (und eventuell auch das Einfügen eines Stichwortregisters) würde die Übersicht und das Auffinden bestimmter Informationen sehr erleichtern.
  - Schriftgröße:  
Um möglichst viel Information auf engem Raum unterzubringen wurde die Schriftgröße des Talerbusfahrplanheftes sehr klein gewählt. Viele Tälerbusfahrgäste (nicht nur ältere Menschen) haben aber Schwierigkeiten derartig Kleingedrucktes zu lesen. Daher sollte die Schrift größer gedruckt werden, das würde die Lesbarkeit und Übersichtlichkeit des Talerbusfahrplanheftes sehr erhöhen.
  - Fahrplanlayout:  
Um Platz zu sparen (und vielleicht auch um die Fahrpläne zu vereinfachen) wurden die Fahrpläne der einzelnen Strecken sehr komprimiert. Dadurch wurden viele der im Tälerbusfahrplanheft enthaltenen Fahrpläne aber leider sehr

---

Koordinationsfunktion für die Tälerbusse übernehmen sollte als auch zentrale Informationsstelle für den öffentlichen Verkehr (einschliesslich der Tälerbusse) sein würde. Vom Land Salzburg würde die Einrichtung einer derartigen Stelle begrüßt, aber leider stehen einige regionale Entscheidungsträger der Idee einer Mobilitatzentrale Lungau-Murau (nach Pongauer Vorbild) sehr skeptisch gegenüber.

unübersichtlich und bei einigen ist der Fahrtverlauf nicht mehr nachvollziehbar. – Diese Kritik kam nicht nur von den befragten Fahrgästen, auch die Mitarbeiterinnen der Mobilitätszentrale, die im Allgemeinen im Fahrplan-lesen geübt und versiert sind, haben angegeben, dass einige der im Talerbusfahrplanheft enthaltenen Fahrpläne nicht ‚lesbar‘ sind. Um den Fahrgästen das ‚Lesen‘ der Fahrpläne und das Auffinden des Fahrtverlaufs zu erleichtern, sollte der Fahrtverlauf eines Kurses von Start bis zum Ziel durchgängig nachvollziehbar sein. Notwendiges Umsteigen sollte einfach ersichtlich sein.

○ Hinweis auf Voranmeldung:

der Hinweis ‚Voranmeldung für Gruppen notwendig‘ sollte durch einen konkreten Hinweis ‚Voranmeldung ab x Personen notwendig‘ ersetzt werden

○ Wandervorschläge:

Neben anspruchsvollen längeren Wandertouren sollten auch Vorschläge für ‚Spaziergänge‘ und kurze leichte Wanderungen am Zielort enthalten sein - nicht nur passionierte Wanderer, die lange Touren machen wollen, sondern auch Familien mit (kleineren) Kindern und Personen, die keine ‚herkömmlichen‘ Wanderungen machen können oder wollen, sollen angesprochen werden.

- Die erfolgreiche Idee der beliebten Wanderfalter könnte weiter ausgebaut werden: Speziell für die Zielgruppe der ‚Wandertouristen‘ könnten attraktive Angebotspakete geschnürt werden, die unter dem Begriff ‚Talerbuswandern‘ komplette Wandertouren inklusive Anreise mit öffentlichen Verkehrsmitteln, Übernachtung(en), Verpflegung, Wanderkarten mit Routenbeschreibung, Gepäcktransport, etc. enthalten. Ansatzweise war dieses Konzept ja in der Talerbussaison 2003 schon im Wölzer-Talerbus vorhanden, der dem Wanderbegeisterten die Möglichkeit bot innerhalb einer Woche die gesamten Wölzer-Tauern zu erwandern. Allerdings wurde dieses Konzept nicht speziell beworben - nur ein paar Zeilen im Talerbusfahrplanheft sind leider zu wenig, um potentiellen Kunden dieses Angebot schmackhaft zu machen.

#### **D) Betriebszeiten / Abfahrtszeiten**

Viele der Befragten äußerten den Wunsch nach Ausweitung der Talerbusbetriebszeit:

- vor allem am Wochenende sind ja viele ‚Ausflügler‘ unterwegs, aber auf vielen Strecken werden gerade dann keine Talerbusfahrten angeboten;
- vor allem im Frühsommer und im Herbst ist meist das beste Wanderwetter, aber außerhalb der Ferienzeiten gibt es nur ein sehr eingeschränktes Talerbusangebot

Auch die Abfahrtszeiten der Talerbusse müssen auf die Zielgruppe abgestimmt sein:

- Zielgruppe ‚Wanderer‘, die längere Touren und eventuell auch Übergangswanderungen planen: Die theoretisch vorhandene (und in Talerbusdrucksachen angepriesene) ‚Möglichkeit von Übergangswanderungen‘ ist in der Praxis nicht immer die Stärke des Talerbusses, denn, wie viele der Befragten angemerkt haben, ist der Talerbus wegen der späten Abfahrtszeit in der Früh als ‚Zubringer‘ für längere Tagestouren vor allem im Hochsommer nicht besonders gut geeignet. Allerdings liegen viele Talerbusziele in einer Seehöhe um 1700 m, wodurch die Anstiegszeit erheblich verkürzt wird – das gleicht für manche Touren die relativ späte Hinfahrt wieder aus<sup>21</sup>.

---

<sup>21</sup> Anmerkung des Talerbuskoordinators: Im Fahrplanheft und in den Wanderfaltern werden viele Touren angeboten, die genau auf die Fahrzeiten der Talerbusse und auf andere ÖV-Verbindungen abgestimmt sind. Rechtzeitig zur Saison 2004 konnte auch der neue Bergseewanderführer ‚Sanft mobil zu den Augen Gottes‘ den Gästen angeboten werden.

- Im Frühsommer und im Herbst, wenn die Gewitterneigung und die Temperaturen am Nachmittag meist nicht so hoch sind, ist hingegen auch eine etwas spätere Hinfahrtsmöglichkeiten für Wanderer durchaus noch gut geeignet.
- Zielgruppe ‚Ausflügler‘, die nur kurze Wanderung oder Spaziergang und eventuell gemütlichen Hüttenaufenthalt planen: für diese Zielgruppe ist wichtig, dass sie unter mehreren Fahrtmöglichkeiten täglich wählen kann, und dass die Zeit zwischen Hin- und Rückfahrt nicht zu lang ist<sup>22</sup>.

## E) Tarife

Vor allem für Familien mit Kindern im Schulalter wird der jetzige Talerbusfahrpreis oft als zu hoch angesehen. Spezielle Familientarife, preisgünstige Kombitickets für Hin- und Rückfahrt, Mehrtageskarten oder Mehrfahrtenkarten wären aus der Sicht der Talerbusfahrgäste wünschenswert.

## F) Haltestellen

Einige der befragten Talerbusfahrgäste bemängelten, dass die Haltestellen der Talerbusse oft nicht besonders gut gekennzeichnet sind. Einheitliche, kundenfreundliche Gestaltung der Talerbushaltestellentafeln und Talerbushinweisschilder wäre günstig; attraktive und zugleich auffällige Gestaltung dieser Tafeln wäre zudem auch Werbung für den Talerbus.

## G) Fahrzeuge

- Auch die Talerbusfahrzeuge sollten eine einheitliche Gestaltung<sup>23</sup> aufweisen und von Fahrgästen und Passanten sofort als ‚Talerbus‘ zu erkennen sein. Wie schon bei den Talerbushaltestellentafeln und –hinweisschildern erwähnt, ist ein einheitliches attraktives Erscheinungsbild zugleich auch Werbung für den Talerbus.
- Von den befragten Fahrern der Elektrofahrzeuge wurden folgende Wünsche zur Verbesserung der Fahrzeuge geäußert:
  - sollten eine Sicherheitseinrichtung haben, welche die Fahrgäste auf den oft recht ‚rumpeligen‘ Wegen vor dem Herabfallen vom Sitz schützt
  - sollten mit Planen ausgerüstet sein, die den Insassen Schutz vor (überraschenden) Regengüssen und Wind bieten
  - sollten kürzere Ladezeiten oder einen zweiten, leicht austauschbaren Batteriesatz haben, um bei größerer Nachfrage mehr als zwei Fahrten pro Tag anbieten zu können

## H) Verkehrsberuhigung in den Tälern

Vor allem in den Schutzgebieten (d.h. in den Nationalparks und Naturparks) wären wirksame Verkehrsberuhigungsmaßnahmen (vorzugsweise eine Sperre der Tal-schlüsse für den motorisierten Individualverkehr oder zumindest die Einhebung von höheren Wegnutzungsgebühren für private Autos und Motorräder) wünschenswert. Derartige Maßnahmen würden die Nachfrage nach dem Talerbus, der ja derzeit auf den meisten Strecken in Konkurrenz zum motorisierten Individualverkehr steht,

<sup>22</sup> Dieses Problem könnte durch konsequente Verkehrsberuhigungsmaßnahmen mit gleichzeitiger Intervallverdichtung bestens gelöst werden.

<sup>23</sup> Anmerkung des Talerbuskoordinators: Von Seiten des Talerbusprojekts wird gerade diese Vielfalt an Fahrzeugen als besonders wertvoll erachtet, weil diese (teilweise unkonventionellen) Fahrzeuge einen Erlebnisfaktor für den Gast darstellen. Seit 1994 gibt es einheitliche Talerbustafeln für Haltestellen und Fahrzeuge, allerdings wurden bisher aus Ressourcenmangel diese Tafeln nicht flächendeckend angebracht.



stärken und infolge der größeren Nachfrage wäre dann auch eine Verbesserung des Angebots (d.h. dichtere Intervalle, längere Betriebszeiten, etc.) möglich.

#### 4.3.1 Zusammenfassung der wichtigsten Ergebnisse

Zusammenfassend kann gesagt werden, die Verbesserungspotentiale des Talerbussystems liegen in

- konsequenter Weiterentwicklung der vielen bereits vorhandenen positiven Ansätze,
- Stärkung der ‚Marke‘ und des ‚Zusammengehörigkeitsgefühls‘.
- Verbesserung der Kundenorientierung und Intensivierung des zielgruppenorientierten Marketings,
- kundenfreundlicher Gestaltung der Informationsmaterialien,
- Verbesserung der internen Information,
- Verbesserung des Informationsflusses zu lokalen Multiplikatoren
- und vor allem in Verbesserung der Verkehrsberuhigungsmaßnahmen in den Schutzgebieten, da diese Maßnahmen, wie beim Modell Riedingtal eindrucksvoll demonstriert, einen dichteren Fahrplan und ein besseres Talerbusangebot ermöglichen würden.

Derzeit lastet die mit dem Talerbusprojekt verbundene Koordinations-, Verhandlungs- und Informationsarbeit beinahe vollständig auf dem Talerbuskoordinator, der diese immense Fülle an Arbeit ehrenamtlich bewältigt. Um ein Fortbestehen des Talerbusprojekts sicherzustellen und um auch das Ausschöpfen der Verbesserungspotentiale zu ermöglichen, müsste das Talerbusprojekt auf eine breitere Basis gestellt werden. **Die dauerhafte Fortführung der Arbeit des Talerbuskoordinators durch eine (noch zu schaffende) Mobilitätsmanagementstelle ist für das Talerbusprojekt überlebensnotwendig.** Die vom Talerbuskoordinator angestrebte koordinierte Betreuung der Talerbusse durch eine Mobilitätszentrale, die gleichzeitig auch als zentrale Informationsstelle zum gesamten ÖV-Angebot in der Region fungiert, wäre für das Talerbusprojekt und für die gesamte Region sicher eine sehr gute Lösung.

## 5 Reiseinformation / Reiselogistik

Im Rahmen des Projekts ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ hat die Forschungsgesellschaft Mobilität (FGM) den Auftrag zu einem partiellen Re-Design der Talerbus-Website (www.taalerbus.at) erhalten: – durch Übernahme bestehender und Einbindung neuer Informationen (über Talerbus | Tourenplanung | Wanderungen | Übernachtung | Besichtigung | etc.) sollte die bestehende Talerbus-Website kundenfreundlicher gestaltet werden.

Nach Rücksprache mit dem Webmaster der bestehenden Talerbus-Website (DI Andreas Hocevar) konzentrierte die FGM ihre Arbeit in diesem Bereich vor allem auf zwei Schwerpunkte:

1. kundenfreundliche Gestaltung der Liniennetz-Übersichtsgrafik auf der Talerbus-Website
2. Einbindung der Talerbusfahrpläne in vorhandene elektronische Auskunftssysteme

Seit der Sommersaison 2004 findet der Nutzer der Talerbus-Website unter dem Punkt ‚Fahrplanauskunft‘ sowohl die ‚alte‘ Liniennetzgrafik (Link: ‚Regions-, Orts- und Linienübersicht, Alle Fahrpläne‘) als auch die neu gestaltete Übersichtskarte (Link: ‚Interaktive Karte, Wandertipps‘). (siehe Abbildung 10)



Abbildung 10: Talerbus-Website ‚Fahrplanauskunft‘

## 5.1 Neugestaltung des Liniennetz-Übersichtsplans

### 5.1.1 Karte des Talerbusgebiets

#### *Ausgangslage*

Die zur Fahrplanauskunft auf der Talerbus-Website verwendete Liniennetzgrafik (siehe Abbildung 11) ist für ortsunkundige und im Kursbuch-Lesen ungeübte Menschen sehr unübersichtlich. Durch die Netzdarstellung mit den Bahnlinien als Hauptstrang und den Buslinien als Zubringeräste (wie im Bahn-Kursbuch üblich), wird die geographische Orientierung für Ortsunkundige beinahe unmöglich.

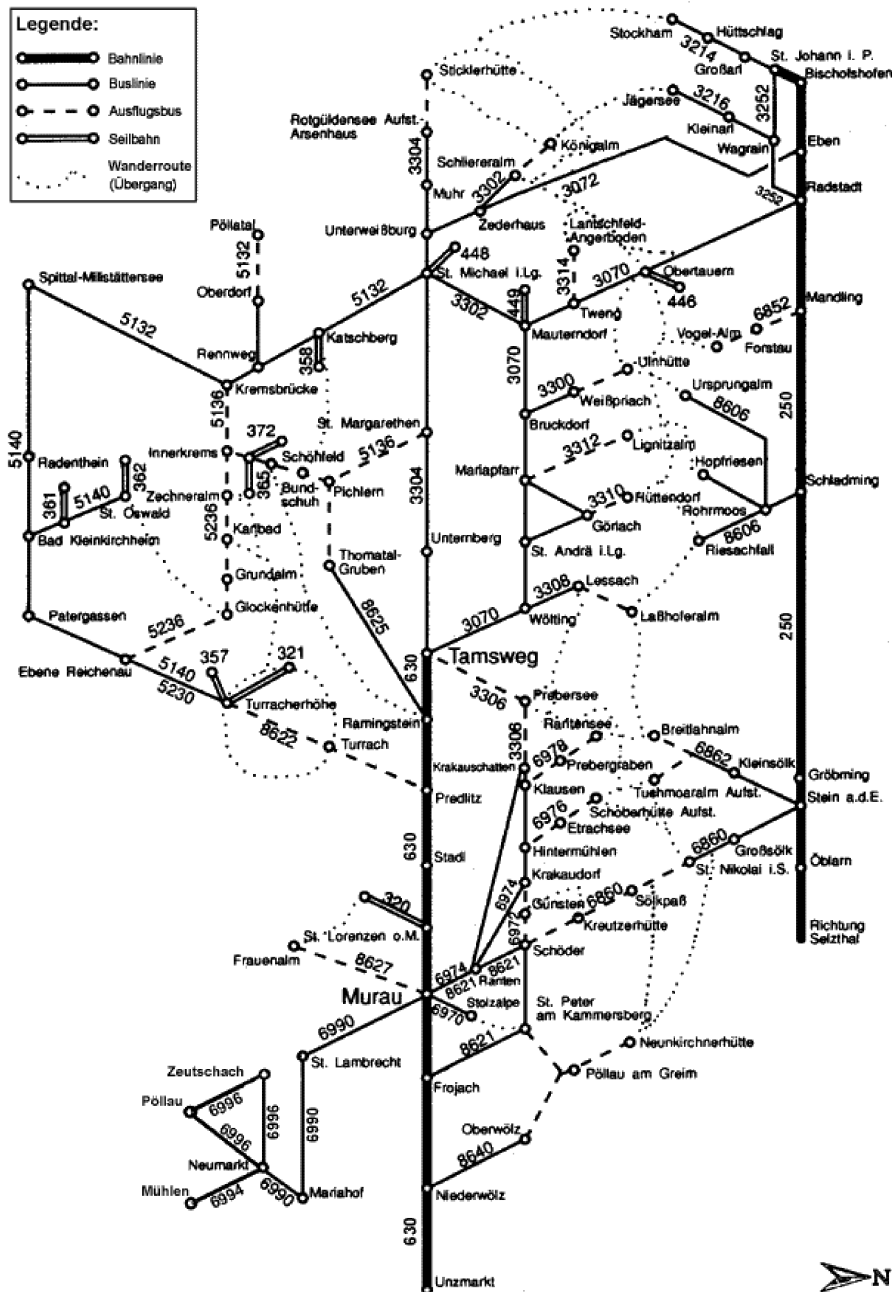


Abbildung 11: Liniennetz-Übersichtsgrafik auf der Tälerbus-Website

Um die Übersichtlichkeit und ‚Lesbarkeit‘ der auf der Tälerbus-Website (<http://www.taalerbus.at/fahrplan/>) verwendeten Liniennetz-Übersichtsgrafik zu erhöhen, sollte diese die geografischen Gegebenheiten besser widerspiegeln.

### Überlegungen zur Kartenwahl

Das ursprüngliche Konzept sah vor, dem Tälerbus-Liniennetz eine geografische Karte (z.B. Wanderkarte) zugrundezulegen. Deshalb wurde bei unterschiedlichen Stellen (Bundes Eich- und Vermessungsamt, Freytag & Berndt, Kompass) um Konditionen und Kostenvoranschläge für die Internet-Nutzung ihres Kartenmaterials angefragt. Alle Anbieter erlauben Modifikationen ihres Kartenmaterials z.B. durch Einzeichnen von Tälerbuslinien und Wanderrouen. Allerdings vergibt nur ein Anbieter die Lizenz für die nötige Einbindung des Kartenmaterials in interaktive Funktionen der Website. Alle Anbieter konnten nur Beispielkosten für Internet-Nutzung ihres Kartenmaterials nennen;

die genauen Kosten für die gewünschte Internetanwendung könnten erst bei Anfrage um die Internet-Lizenz nach Vorliegen der fertig gestellten Anwendung erhalten werden. Die Hauptprobleme, die eine Nutzung dieses Kartenmaterials für die Tälerbus-Website mit sich bringen würde, sind aber einerseits die beschränkte Nutzungsdauer (die Lizenz für Internetnutzung des Kartenmaterials wird auf maximal 3 Jahre vergeben), und andererseits die laufenden (jährlichen) Kosten für die Internetlizenz. Eine längerfristige Nutzung der mit diesem Kartenmaterial erstellten Übersichtsgrafik für die Tälerbus-Website wäre daher schwierig.

Um die neue Übersichtsgrafik für die Tälerbus-Website längerfristig nutzen zu können, sollte die Lizenz für die Internetnutzung der zugrundeliegenden Karte unbefristet sein, und außerdem sollten keine laufenden Kosten anfallen.

Eine Möglichkeit, die diesen Kriterien genügen würde, wäre der Ankauf von Luftbildern (wie sie zum Beispiel für die Wandervorschläge einer Steirischen Tageszeitung im Sommer 2003 verwendet wurden). Für die ‚Zoom‘-Funktion wäre es dabei nötig, für den Bereich jeder einzelnen Tälerbusstrecke ein Luftbild zu erwerben. Problematisch an dieser Variante ist der relativ hohe Preis (ca. 1800 € pro Ausschnitt), der den Rahmen des im Projekt ‚Abgasfrei Mobil 2002‘ für den Projektteil ‚Reiselogistik / Reiseinformation‘ vorgesehenen Budgets weit übersteigen würde.

*„Neue“ Tälerbus-Übersichtskarte*

Da sowohl Wanderkarten als auch Luftbilder aus Kostengründen als Grundlage der neuen Tälerbus-Übersichtsgrafik nicht in Frage kamen, wurde die Kartengrafik für die Tälerbuswebsite von der FGM selbst hergestellt (siehe Abbildung 12). Diese Lösung ist zwar optisch weniger ansprechend als Wanderkarte oder Luftbild, hat aber den Vorteil, dass keine Lizenzgebühren anfallen und zeitlich unbefristete Nutzung möglich ist.

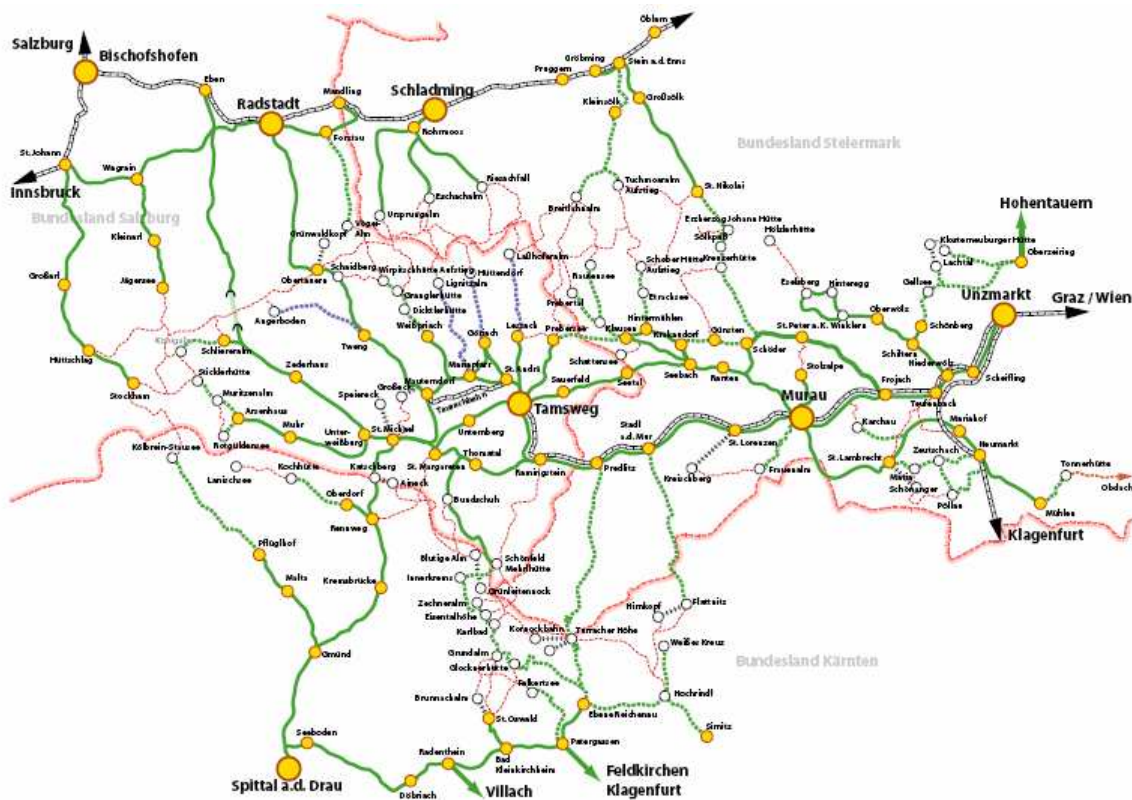


Abbildung 12: Übersichtskarte zum Tälerbusgebiet

## Zoom-Funktion

Folgt der Nutzer in der Tälerbus-Website unter ‚Fahrplanauskunft‘ dem Link zur ‚Interaktiven Karte‘, so erscheint im Browser-Fenster zunächst die schematische Darstellung des gesamten Talerbusgebiets. (siehe Abbildung 13)

Durch Mausklick auf diese Karte kann der Nutzer einen vergrößerten Detailausschnitt (‚Detailkarte‘) auswählen. (siehe Abbildung 14)

In dieser Übersichtskarte sind die Tälerbusstrecken, Bahn- und Bus-Linien, Seilbahnen mit Sommerbetrieb, bewirtschaftete Berghütten, beliebte Wanderrouten und Orte im Tälerbusgebiet eingezeichnet. Dabei stand nicht so sehr die Vollständigkeit der Karte im Vordergrund - d.h. es wurden nicht alle Orte, Hütten, Wanderrouten, etc. im Tälerbusgebiet eingezeichnet. Ziel war es vielmehr, dem (potentiellen) Tälerbus-Nutzer in möglichst übersichtlicher Weise alle Informationen zur Verfügung zu stellen, die für die Ausflugs- bzw. Reise-Planung benötigt werden.

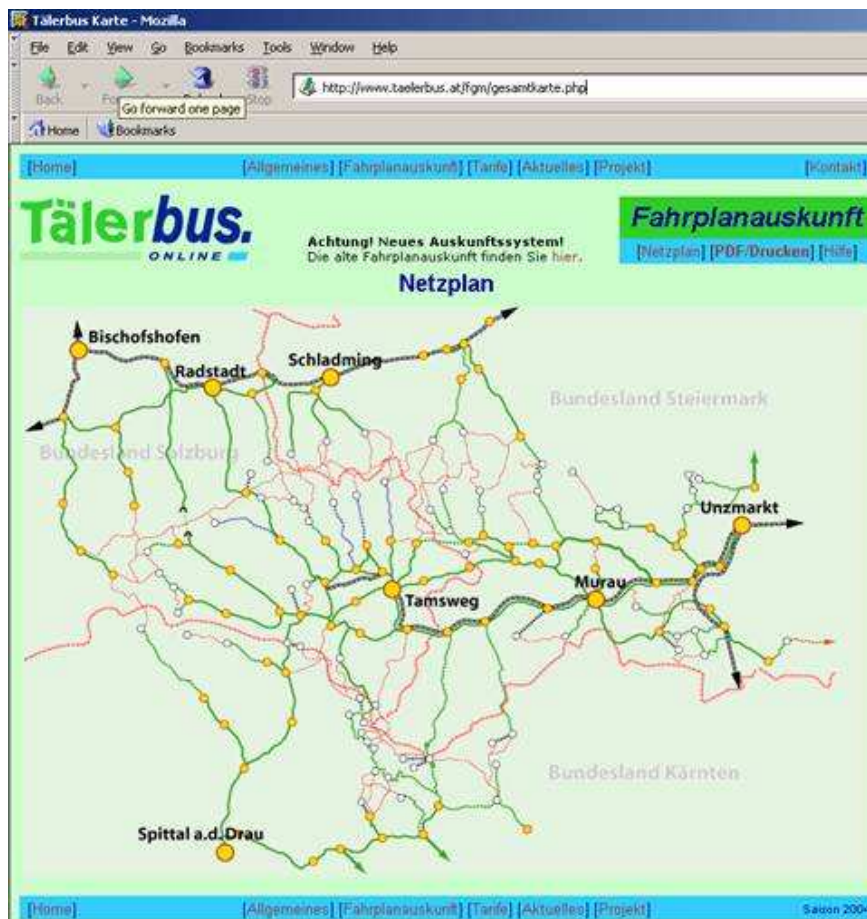


Abbildung 13: ‚Eingangsseite‘ zur neuen bersichtsgrafik in der Tälerbus-Website

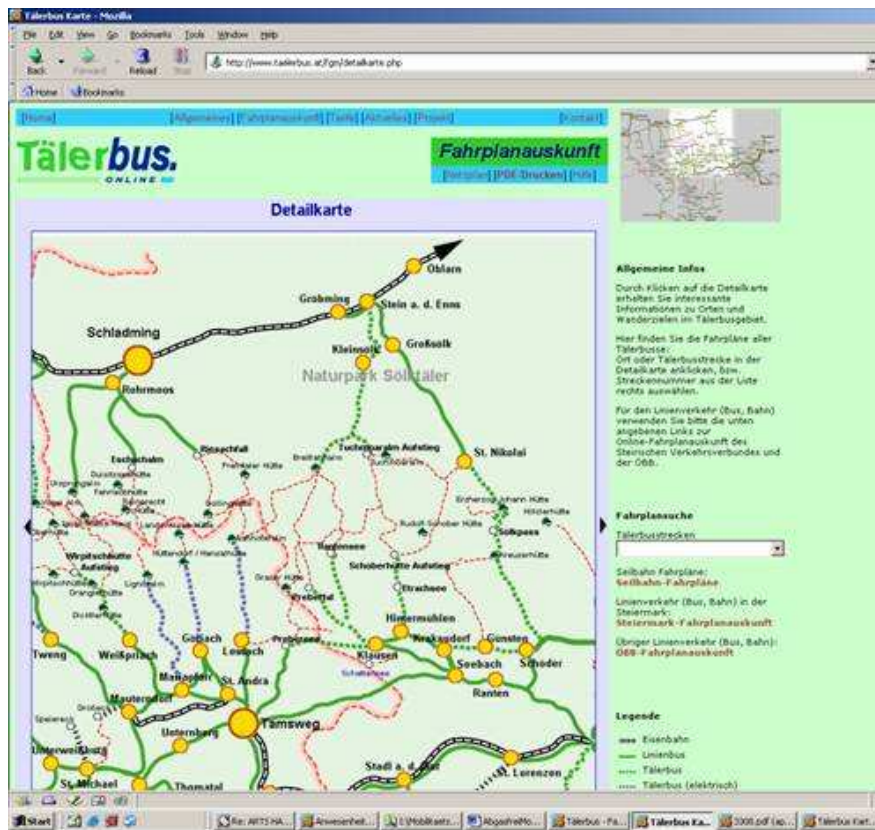


Abbildung 14: Detailkarte

### 5.1.2 Integrierte Informationen

Die 'alte' Liniennetzgrafik (siehe Abbildung 11) bietet dem Nutzer die Möglichkeit, durch Mausklick auf eine Teilstrecke der Liniennetzgrafik den zugehörigen Fahrplan (in einem neuen Browserfenster) zu erhalten. Auf diese Weise können sowohl Talerbus-Fahrpläne als auch Fahrpläne zu einigen Linienverkehren erhalten werden. Zusätzlich hat der Nutzer auch die Möglichkeit die Fahrplanbilder durch Auswahl aus einer Streckenliste oder einer Ortsliste zu erhalten. Diese Funktionalität wurde auch in der ,neuen' Talerbus-Übersichtskarte implementiert.

#### Talerbus-Fahrpläne

Wie in der ,alten' Liniennetzgrafik erhält der Nutzer auch in der ,neuen' Übersichtskarte durch Klicken auf eine Talerbus-Strecke den zugehörigen Talerbus-Fahrplan (in Pdf-Format). (siehe Abbildung 15)

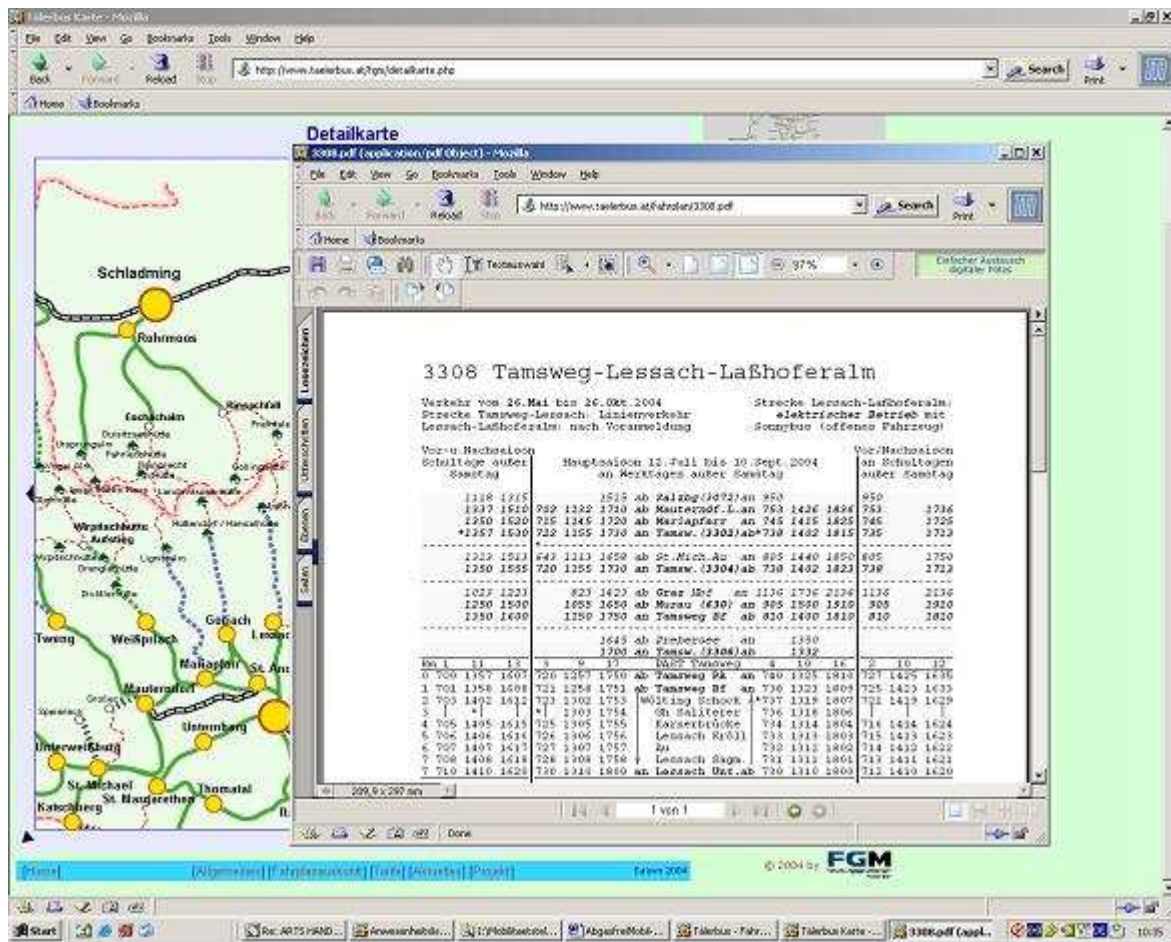


Abbildung 15: Tälerbusfahrplan durch Klick auf Übersichtskarte (Beispiel: Tälerbusstrecke 3308)

Die Anzeige von Linienfahrplänen (durch Klicken auf eine ÖV-Linie) wurde in der ,neuen' Übersichtskarte nicht implementiert, weil diese Fahrpläne einerseits (in der ,alten' Liniennetzgrafik) nicht für das gesamte Tälerbusgebiet sondern nur für einige Linien vorhanden waren, und weil andererseits deren notwendige Aktualisierung nicht gewährleistet werden kann. Wie auch bereits in der ,alten' Liniennetzgrafik werden dem Nutzer zum Erhalt von ÖV-Fahrplaninformationen Links zur Online-Auskunft von ÖBB, Mobilto und Steirischem Verkehrsverbund angeboten.

#### Touristisch interessante Zusatzinformationen

Zusätzlich zu Tälerbus-Fahrplaninformationen werden dem Nutzer der ,neuen' Tälerbus-Übersichtskarte auch touristisch interessante Informationen, die die Ausflugs- bzw. Reiseplanung erleichtern, angeboten (siehe Abbildung 16):

Durch Mausklick auf einen Ort oder eine Hütte in der Übersichtskarte erhält der interessierte Nutzer (in einem eigenen Browserfenster)

- einen Link zu einer Website mit weiterführenden Informationen (z.B. zur Homepage des Ortes, des Hüttenbetreibers, etc.)
- ein Bild zum Ort bzw. zur Hütte\*
- eine (touristische) Kurzbeschreibung des Ortes bzw. der Hütte\*
- Kontaktadresse zur Anforderung weiterer Informationen\*
- Links zu Wandervorschlägen\*\*
- Links zu den zugehörigen Talerbus-Fahrplänen\*\*

Die angegebenen Vorschläge für Wanderrouten sind natürlich keineswegs eine vollständige Liste aller Wandermöglichkeiten am betreffenden Ort, sie stehen vielmehr als Beispiele für Wanderungen, die in Kombination mit ÖV-Anreise (ohne Auto) durchgeführt werden können. Diese Wandervorschläge sind quasi als ‚Appetitanreger‘ gedacht und sollen zu ‚autofreien‘ Touren anregen.



Abbildung 16: Touristisch interessante Zusatzinformationen (Beispiel: Prebersee)

Bei Erstellung der Übersichtsgrafik wurden diese Zusatzinformationen aus Druckmaterialien (Werbeprospekte, Broschüren) entnommen und im Internet recherchiert.

\* nicht für alle Orte und Hütten vorhanden

\*\* nur für Orte und Hütten, die mit Talerbus (in Kombination mit Wanderung) erreichbar sind



### *Aktualisierung der Informationen*

Im September 2004 wurden alle Tourismusinformationsstellen im Tälerbusgebiet um Rückmeldungen, Korrekturen und Ergänzungen zu den in der Tälerbus-Übersichtskarte enthaltenen Informationen über Orte und Hütten in ihrem Gebiet gebeten. Die Mitarbeiter dieser Tourismusinformationsstellen im Tälerbusgebiet beurteilten die Neugestaltung der bersichtsgrafik in der Tälerbus-Website durchwegs positiv. Dankenswerterweise hat die FGM von den meisten der per E-mail und Telefon kontaktierten Tourismusinformationsstellen konstruktive Rückmeldungen erhalten. Die Übersichtskarte wurde unter Berücksichtigung der Korrektur- und Ergänzungswünsche der Tourismusinformationsstellen neu überarbeitet.

## **5.2 Integration der Tälerbus-Fahrpläne in bestehende elektron. Auskunftssysteme**

Sowohl im Bundesland Salzburg als auch in der Steiermark gibt es Online-V-Auskunftssysteme, in die alle V-Linien des Salzburger bzw. Steirischen Verkehrsverbundes integriert sind, und die dem Nutzer Verkehrsunternehmens-übergreifende Fahrplan- und Routenauskunfte von der gewünschten Start- bis zur gewünschten Ziel-Haltestelle bieten. Im elektronischen Auskunftssystem des Steirischen Verkehrsverbundes sind aber nicht nur V-Linien integriert, die im Verkehrsverbund fahren, sondern auch andere V-Angebote in der Steiermark. Die Tälerbusstrecken waren bisher aber weder in der elektronischen Fahrplanauskunft der StVG noch in jener des SVV integriert.

Die Abklärung der Möglichkeit und der Voraussetzungen für eine Integration der Fahrpläne der Tälerbusse in die elektronischen Auskunftssysteme von Salzburger und Steirischem Verkehrsverbund stellte den zweiten Schwerpunkt der Arbeit der FGM im Projektteil ‚Reiseinformation/Reiselogistik‘ dar. Fahrgäste sollten die Möglichkeit haben auch zu Tälerbus-Haltestellen ‚durchgängige‘, verkehrsunternehmens-übergreifende Fahrplan- und Routenauskunfte zu erhalten.

### *Steiermark*

Im Mai 2004 wurden, in enger Zusammenarbeit mit Experten der Steirischen Verkehrsverbund GmbH, die Haltestellen und Routen der ‚steirischen‘ Tälerbusstrecken (das sind jene Tälerbusstrecken, die mindestens eine Haltestelle in der Steiermark haben) ‚verortet‘ (d.h. ins GIS-System der StVG eingepflegt). Die Ankunfts- und Abfahrtszeiten an den einzelnen Haltestellen, sowie die einzelnen Betriebszeiten, Bedienungsverbote etc. wurden in das Fahrplansystem der StVG integriert. Nach Abschluss dieser Arbeiten konnten die ‚steirischen‘ Tälerbusstrecken schon für die Sommersaison 2004 in das elektronische Auskunftssystem des Steirischen Verkehrsverbundes aufgenommen werden. Kunden von ‚Mobilzentral‘ (Mobilitatzentrale in Graz) und Nutzer der Online-V-Auskunft ([www.busbahn bim.at](http://www.busbahn bim.at)) erhalten daher schon seit Juni 2004 ‚durchgängige‘ Fahrplanauskünfte auch für Talerbusziele.

### *Salzburg*

Auch mit dem Salzburger Verkehrsverbund wurden Gespräche geführt um abzuklären, ob die Integration der Tälerbusfahrpläne in das elektronische Auskunftssystem des SVV möglich ist. Der Salzburger Verkehrsverbund erklärte sich bereit, die ‚Salzburger‘ Tälerbusstrecken (das sind jene Tälerbusstrecken, die mindestens eine Haltestelle im Bundesland Salzburg haben) in die elektronische Fahrplanauskunft zu integrieren. Aus organisatorischen Gründen war das aber für die Sommersaison 2004 noch nicht möglich.

Die Tälerbusfahrpläne könnten aber mit dem Fahrplanwechsel im Dezember 2004 in das elektronische Auskunftssystem des Salzburger Verkehrsverbundes aufgenommen werden.

### 5.3 Aktualität der Informationen

Durch die bereits erwähnten Arbeiten der FGM im Rahmen des Projektteils ‚Reiseinformation / Reiselogistik‘ wurden auf allen Internet-Kanälen, die für Reiseplanung im Tälerbusgebiet häufig genutzt werden (Online-Fahrplanauskunft der regionalen Verkehrsverbünde, Tälerbus-Website), aktuelle Informationen zum Tälerbus bzw. aktuelle touristisch interessante Informationen zur Verfügung gestellt.

**All diese Informationen sind aber zur Erleichterung der Planung einer Reise bzw. eines Ausflugs im Tälerbusgebiet nur dann wertvoll, wenn sie aktuell und gültig sind!**

Daher wäre es unbedingt notwendig sowohl die Fahrplaninformationen für die elektronische Auskunft der Verkehrsverbünde, als auch die Informationen, die in die interaktive Karte auf der Tälerbus-Website integriert sind, einmal jährlich (rechtzeitig vor Beginn der Talerbussaison im März) auf den neuesten Stand zu bringen.

Die Frage der Finanzierung dieser zukünftigen Aktualisierungsarbeiten ist allerdings noch offen.

## 6 Zukunft des Tälerbusprojekts aus Sicht des Tälerbuskoordinators

Seit dem Start des Tälerbusprojekts im Jahr 1989 wurde hier firmen- und verkehrsmittelubergreifendes ‚Mobilitätsmanagement‘ betrieben, also schon lange bevor dieser Begriff überhaupt in Gebrauch kam. Da diese bisher ehrenamtliche Tätigkeit des Tälerbuskoordinators in Kürze auslaufen wird, muss in erster Linie eine Mobilitatsmanagementstelle eingerichtet und besetzt werden, um umweltfreundliche Mobilitätsangebote in dieser Region auch in Zukunft zu ermöglichen.

Bereits anlässlich der Einführung des Murau-Taktes im Jahr 2000 war vorgesehen, die im Verkehrsdienstevertrag enthaltene Verpflichtung der Gemeinden zur Einrichtung einer Murautakt-Koordinationsstelle als Keimzelle für eine künftige Mobilitätszentrale Lungau-Murau nach Bischofshofener Vorbild zu nutzen. Inzwischen konnte ein von den Gemeinden finanzierter halber Dienstposten für den Murautakt-Koordinator eingerichtet und besetzt werden. Allerdings wünschten sich die Murauer Bürgermeister anstelle der angestrebten Kooperation mit Bischofshofen eine ‚Murauer Lösung‘ mit einem Kandidaten aus dem Bezirk.

Ein Projektentwurf für ein Mobilitätsmanagement ‚Koordination Murautakt-Tälerbus‘ wurde unverzüglich bei den Regionalmanagements Obersteiermark West (Murau) und Lungau eingereicht. Während Frau Mag. Schneider vom Regionalmanagement Obersteiermark West im Jahr 2002 eine Empfehlung für ein Stefrei-Förderprogramm vorlegte, wurde diese Idee vom Lungauer Regionalmanagement abgelehnt.

Inzwischen hat sich nach dem Burgermeisterwechsel in Mariapfarr infolge des großen Interesses des neuen Bürgermeisters an Solarenergie eine neue Möglichkeit eröffnet (vgl. Kapitel 2.3.4 Die Zukunft der Elektro-Tälerbusse Seite 17). Bei der nächsten Gemeinderatssitzung (am 6.12.2004) soll über ein Projekt abgestimmt werden, das Mariapfarrer Elektrofahrzeugzentrum zu einem Zentrum für sanfte Mobilität auszubauen. Die Gemeinde ist bereit die Projektträgerschaft zu übernehmen. Damit wäre die wichtigste Voraussetzung erfüllt, in die EU-weiten Förderprogramme Alps Mobility und Alpin Pearls einzusteigen und damit das erforderliche Management (dann doch in

Kooperation mit Bischofshofen) einzurichten. Auf dieser Basis kann dann unter Zusammenführung des Mariapfarrer Zentrums für sanfte Mobilität mit der Murautakt-Koordinationsstelle die künftige ‚Mobilitätszentrale Lungau-Murau‘ aufgebaut werden. Wichtig ist, dass der frischgebackene Kurort Mariapfarr dann auch in die ‚Interessensgemeinschaft österreichischer Kur- und Tourismusorte für sanfte Mobilität‘ aufgenommen wird (- die Zusage vom Obmann Stephan Maurer aus Bischofshofen liegt vor) und damit auch im Netzwerk der Modellorte Bad Hofgastein und Werfenweng vertreten ist.

Derzeit ist im Lungau eine Projektgruppe mit vorbereitenden Arbeiten zur Einrichtung einer Biosphärenregion Lungau-Murau beschäftigt. Biosphären sind Musterregionen für nachhaltige Regionalentwicklung. Für den Teilbereich ‚nachhaltige Mobilität‘ wären mit der Mobilitätszentrale Lungau-Murau beste Voraussetzungen auch für weitere Biosphären-Begleitforschungen gegeben. Der jungen Nationalparkregion Gesäuse ist es übrigens relativ rasch gelungen, eine eigene Mobilitätszentrale einzurichten.

## 7 Anhang

### 7.1 Drehstromantrieb mit Asynchronmaschine

Neben dem robusten, preisgünstigen Aufbau der Asynchronmaschine, sind bei geeigneter Regelung die sehr guten dynamischen Eigenschaften ein Grund für die weite Verbreitung dieser Induktionsmaschine. Diese Eigenschaften machen die Asynchronmaschine nicht nur für den Industrieinsatz sondern auch für den Einsatz in einem Fahrzeug interessant.

#### 7.1.1 Entwicklung des Asynchronantriebs – Theorie

##### *Feldorientierte Regelung*

Speziell in einem Fahrtrieb ist das gewünschte Fahrverhalten durch eine Momentenregelung zu realisieren. Eine qualitativ hochwertige Regelung ist dabei in der Lage einen vorgegebenen Momentensprung mit hoher Dynamik realisieren zu können.

Bei der Gleichstrommaschine wird dies durch sehr einfache Regler erreicht: da bei diesem Maschinentyp auf Grund des mechanischen Aufbaus, Erregerfeld und Ankerstrombelag unter idealen Bedingungen immer senkrecht aufeinander stehen, ist eine getrennte Steuerung von feldbildendem Strom und drehmomentbildendem Strom möglich.

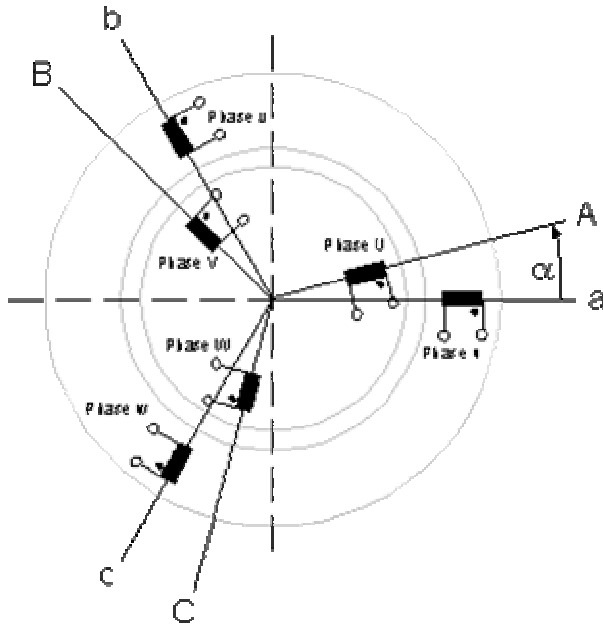
Im Gegensatz dazu stellt die Asynchronmaschine mit ihrem Dreiphasen Wicklungs- und Spannungssystem ein mathematisch sehr kompliziertes Gebilde dar. Die Feldverteilung in der Maschine hat keine räumlich konstante Lage. Das Feld rotiert im stationären Zustand mit einer der Frequenz des versorgenden Drehstromsystems entsprechenden, synchronen Winkelgeschwindigkeit im Luftspalt der Maschine. Der feldbildende Strom und der drehmomentbildende Strom können nicht getrennt voneinander eingestellt werden, sondern fließen als gemeinsamer Statorstrom in der Statorwicklung. Deshalb ist zunächst nicht bekannt, wie der Statorstrom beeinflusst werden soll, damit sich das Drehmoment in gewünschter Weise ändert.

Eines der Ziele der feldorientierten Regelung besteht nun in der Entkopplung der feld- und momentenbildenden Komponenten des Ständerstromes.

##### *Zweiachsenmodell*

##### *Drehstromwicklung*

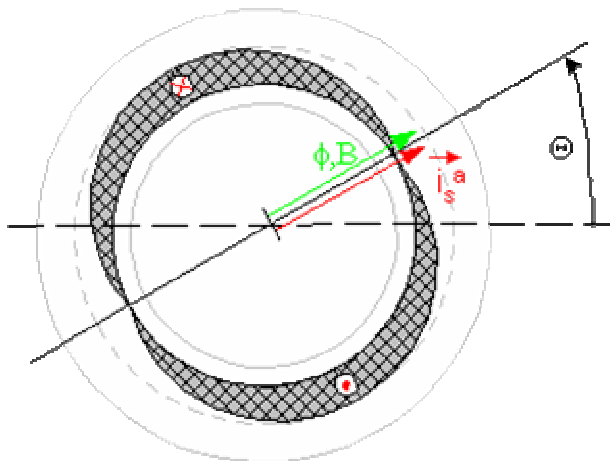
Die weiteren Betrachtungen sollen an einer Asynchronmaschine mit Kurzschlussläufer durchgeführt werden. Der Magnetkreis der Maschine soll weder Hauptfluss- noch Streuflusssättigung aufweisen und auch keine Vorzugsrichtung haben. Die Wicklungsstränge der Drehstromwicklung sollen sinusförmig verteilte Leiter haben. Die Amplituden der Phasendurchflutungen liegen in den Wicklungsachsen der entsprechenden Phasenwicklungen. Unter den getroffenen Voraussetzungen ergibt sich die Gesamtdurchflutung durch geometrische Addition der Einzeldurchflutungen.



**Abbildung 17:** zeigt die Wicklungsachsen der als konzentrierte Spulenwicklungen gezeichneten Phasenwicklungen der Ständer- und Rotorwicklung. Die Wicklungsachse der Ständerphase u wird mit a, die der Rotorphase U mit A bezeichnet. Der momentane Winkel zwischen Rotorachse A und Statorachse a wird mit  $\alpha$  bezeichnet.

### **Konzentrierte Wicklung**

Man kann ein Dreiphasenwicklungssystem durch eine sinusförmig verteilte Wicklung gemäß Abbildung 18 ersetzen, die von einem Strom gespeist wird, welcher den Betrag der geometrischen Summe der Phasenströme hat und deren Wicklungsachse den Winkel des Gesamtstromes einnimmt. Auf Grund des geltenden Überlagerungsprinzips hat diese Wicklung dieselbe Windungszahl wie eine Phasenwicklung.



**Abbildung 18:** Das Drehstromwicklungssystem des Stators wurde durch eine konzentrierte Spule mit sinusförmig verteilten Leitern ersetzt. Der magnetische Fluss wirkt in Richtung der Wicklungsachse, der eingezeichnete Strom  $\vec{i}_s^a$  ergibt sich als geometrische Summe der Momentanwerte der einzelnen Phasenströme. Die Wicklungsachse wird dem momentanen Winkel  $\Theta$  des Summenstromes nachgeführt. Man spricht im Fall des Stromes auch von einem Raumzeiger.

### Raumzeiger

Die Raumzeigertransformation ist eine eindeutige umkehrbare Transformation von drei zeitlich und räumlich zueinander um  $\frac{2\pi}{3}$  versetzte Größen in einen Zeiger, der mit der Winkelgeschwindigkeit  $\omega$  senkrecht zur Maschinenachse rotiert und einer Nullkomponente, die im speziellen Fall des isolierten Sternpunktes der Drehstromwicklung entfällt.

Raumzeiger: 
$$\vec{v}(t) = \left[ v_u(t) + v_v(t)e^{j\frac{2\pi}{3}} + v_w(t)e^{-j\frac{2\pi}{3}} \right] \text{ Gleichung 1}$$

Nullgröße: 
$$v_z(t) = [v_u(t) + v_v(t) + v_w(t)] \text{ Gleichung 2}$$

Die Kurvenform der Momentanwerte  $v_u(t)$ ,  $v_v(t)$  und  $v_w(t)$  unterliegt keinen Einschränkungen, wodurch der Raumzeiger auch für die Beschreibung transients Vorgänge geeignet ist.

### *dq-Wicklungsdarstellung - Zweiachsenwicklung*

Die Luftspaltfeldverteilung des Drehstromwicklungssystems wurde im vorigen Abschnitt durch eine räumlich sinusförmig verteilte Wicklung, welche in Richtung des Raumzeigers ausgerichtet wurde nachgebildet. Diese räumlich sinusförmig verteilte Wicklung hat dieselbe Windungszahl  $N_s$  wie eine Phasenwicklung des Drehstromwicklungssystems und ist mit einem Strom zu beaufschlagen dessen Betrag gleich dem des Raumzeigers  $\vec{i}_s^a$  ist. Die Wicklungsachse wird dem momentanen Winkel  $\alpha$  dieses Raumzeigers nachgeführt.

Die Luftspaltfeldverteilung des Drehstromwicklungssystems kann aber auch von einem Wicklungssystem erzeugt werden, welches aus zwei senkrecht aufeinander stehenden, räumlich sinusförmig verteilten Wicklungen besteht.

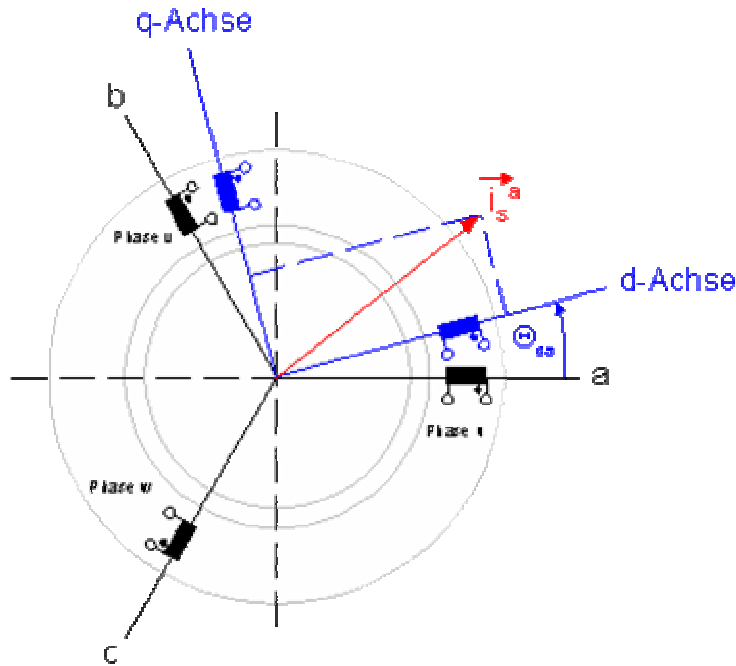
Die Windungszahl dieser Wicklungen soll jedoch folgendermaßen festgelegt werden

$$N_d = N_q = \sqrt{\frac{3}{2}} N_s \text{ Gleichung 3}$$

Die Ströme durch die d-Wicklung und die q-Wicklung müssen wiederum dieselbe Durchflutung aufbauen wie das Drehstromwicklungssystem, weshalb gelten muss

$$\frac{N_s}{p} \vec{i}_s^d = \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{N_s}{p} (i_{sd} + j i_{sq}) \text{ Gleichung 4}$$

Das bedeutet die Ströme  $i_{sd}$  und  $i_{sq}$  müssen um den Faktor  $\sqrt{\frac{2}{3}}$  kleiner sein, als die Projektion des Raumzeigers  $\vec{i}_s^d$  auf die d-Achse bzw. auf die q-Achse. Dadurch wird sichergestellt, dass sie die gleiche Durchflutung erzeugen wie die Dreiphasenwicklung.



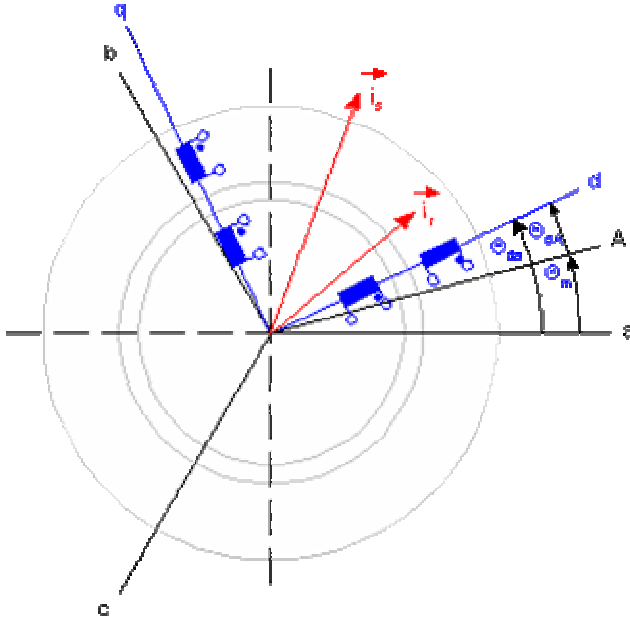
**Abbildung 19:** Erzeugung des Luftspaltfeldes durch zwei senkrecht aufeinander stehende räumlich sinusförmig verteilte Wicklungen. Die Bestromung der einzelnen Wicklungen (d-, q-Wicklung) erfolgt mit Strömen, deren Betrag der Projektion des Raumzeigers  $\vec{i}_s^a$  auf die entsprechende Achse (d-, q-Achse) entspricht, bewertet mit dem Faktor  $\sqrt{2/3}$ . Der Winkel  $\Theta_{da}$ , den die d-Achse zur Achse a einnimmt, kann willkürlich gewählt werden.

Die Rotorwicklung ist als Käfigwicklung ausgeführt. Diese Käfigwicklung wird durch ein Drehstromwicklungssystem ersetzt. Die Windungszahl des Rotorwicklungssystems wird gleich der Windungszahl des Statorwicklungssystems gesetzt, damit ist die Übersetzung

$$\dot{u} = \frac{N_2}{N_1} = 1$$

. Es kann nun auch das Drehstromwicklungssystem des Rotors durch ein Zweiachsen-Wicklungssystem ersetzt werden. Auch die Windungszahl des Rotor

Zweiachsen-Wicklungssystems wird mit  $\sqrt{\frac{3}{2}}N_s$  gewählt. Die Wicklungsachsen des Rotorwicklungssystems stimmen mit denen des Statorwicklungssystems überein.



**Abbildung 20:** zeigt die Realisierung des Stator- und des Rotorwicklungssystems durch ein Zweiachsen-Wicklungssystem. Die Ausrichtung von Stator- und Rotorwicklungssystem erfolgt an der selben d-Achse.  $\Theta_{dA}$  gibt den Winkel des Zweiachsen-Wicklungssystems gegenüber dem Rotor an,  $\Theta_{da}$  gegenüber der feststehenden Bezugsachse **a**.  $\Theta_m$  gibt die mechanische Drehzahl des Rotors an.

Da nun die Induktionsmaschine durch ein Zweiachsen-Wicklungssystem im Stator und im Rotor ersetzt wurde, ist nun nachzuprüfen, ob durch diese Modellanordnung Feldstrom und Momentenstrom getrennt voneinander einstellbar sind.

#### **Qualitative Betrachtung der Feldorientierten Regelung**

Für die folgenden Betrachtungen wird eine nicht gesättigte Maschine angenommen. Der Streufluss der Ständerwicklung wird vernachlässigt, da er nicht mit der Rotorwicklung verkoppelt ist. Es wird angenommen, dass es möglich ist einen Stromsprung in die Wicklung einzuprägen. Die Statorwicklung wird als Zweiachsen-Wicklungssystem dargestellt, die Rotorwicklung, wegen der anschaulicheren Darstellung der auftretenden Effekte, als räumlich sinusförmig verteilte Wicklung. Der Rotor soll für die ersten Betrachtungen festgebremst sein. Die positive Anschlussklemme der Wicklung ist durch einen Punkt gekennzeichnet. Fließt der Strom in die positive Klemme der Wicklung, soll ein Fluss in Richtung der Wicklungsachse aufgebaut werden.

Zum Zeitpunkt  $t=0$  ist die Stator-d-Wicklung mit dem Strom  $i_{sd}$  erregt und die Rotorwicklung stromlos. Der Magnetisierungsfluss  $\phi_{m,isd}$  welcher den Rotor durchfließt ist in Richtung der d-Achse ausgerichtet. Der Rotorfluss  $\phi_r$  ist zu diesem Zeitpunkt gleich dem Magnetisierungsfluss  $\phi_{m,isd}$ .



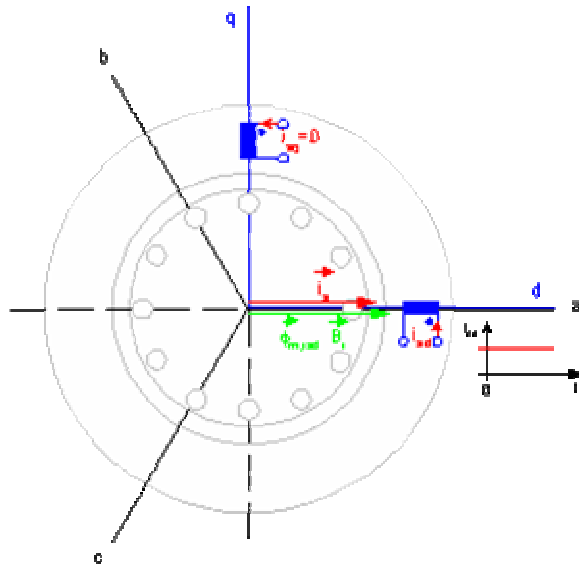


Abbildung 21

Zum Zeitpunkt  $t = 0^+$  wird die Stator-q-Wicklung mit einem Stromsprung  $i_{sq}$  erregt. Auf Grund des Stromes  $i_{sq}$  wird nun ein Fluss  $\phi_{m, isq}$  aufgebaut. Da aber der Rotor aus einer kurzgeschlossenen Wicklung besteht, kann sich die Flussverkettung des Rotors nicht sprungartig ändern weshalb der Rotor einen Strom aufbaut, der einen Fluss zur Folge hat, der einer Änderung der Flussverkettung entgegenwirkt. Es gilt

$$\phi_{m, isq}(0^+) = \phi_{m, ir}(0^+) + \phi_{\sigma r}(0^+) \quad \text{Gleichung 5}$$

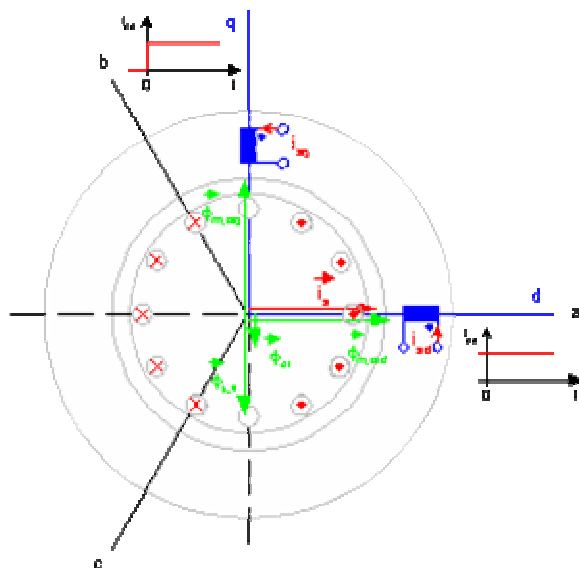


Abbildung 22: Wird die Stator q-Achsenwicklung durch einen Stromsprung erregt, es sei vorausgesetzt, dass dies möglich ist, so baut der Rotor eine Gegendurchflutung in Richtung der q-Achse auf, um der plötzlichen Änderung der Flussverkettung entgegenzuwirken.

Nachdem  $\phi_{m, isd}$  nicht geändert wurde, bleibt  $\phi_r$  und  $B_r$  zum Zeitpunkt  $t = 0^+$  gleich wie zum Zeitpunkt  $t = 0^-$ . Der Rotorstrom ergibt zusammen mit der Rotorflussdichte ein

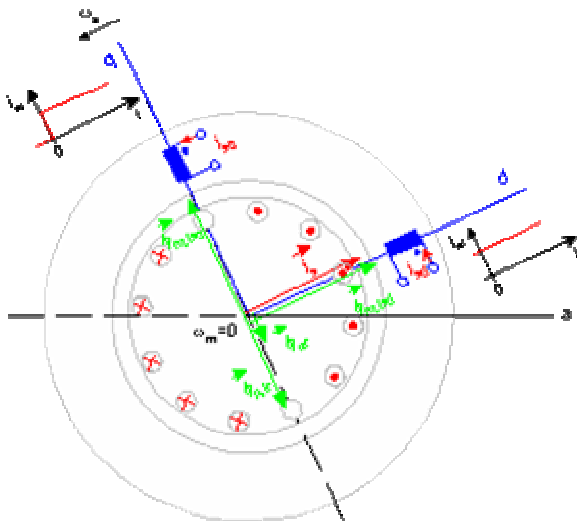
Moment. Das Moment ist proportional der Flussdichte  $B_r$  und dem Strom  $i_{sq}$ .  $k_1$  ist eine Konstante.

Aus Glg. 6 ist ersichtlich, dass man nun wie bei der Gleichstrommaschine ein Moment durch zwei senkrecht aufeinander stehende, voneinander unabhängige Größen vorgegeben kann. Die Trennung zwischen Fluss- und Momentenbildender Größe wurde durch die Transformation des Dreiphasen-Wicklungssystems in ein Zweiachsen-Wicklungssystem erreicht.

Der Rotor sei noch immer festgebremst. Wenn keine weiteren Stromänderungen im dq-Stator-Wicklungssystem erfolgen, werden die Ströme und dadurch auch das Moment auf Grund der ohmschen Verluste abklingen.

Wird jedoch das dq-Stator-Wicklungssystem über den festgebremstem Rotor mit einer Winkelgeschwindigkeit  $\omega_s$  hinweg bewegt, so wirkt der Rotor auch dieser Änderung der Flussverketung durch entsprechende Rotorströme entgegen. Das Moment bleibt also erhalten. Es geht aus dieser qualitativen Erklärung bereits hervor, dass für den Betrag des Momentes die Beträge der Ströme sowie die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{slip}$  mit der das dq-Wicklungssystem über den Rotor hinweg dreht maßgebend sind.

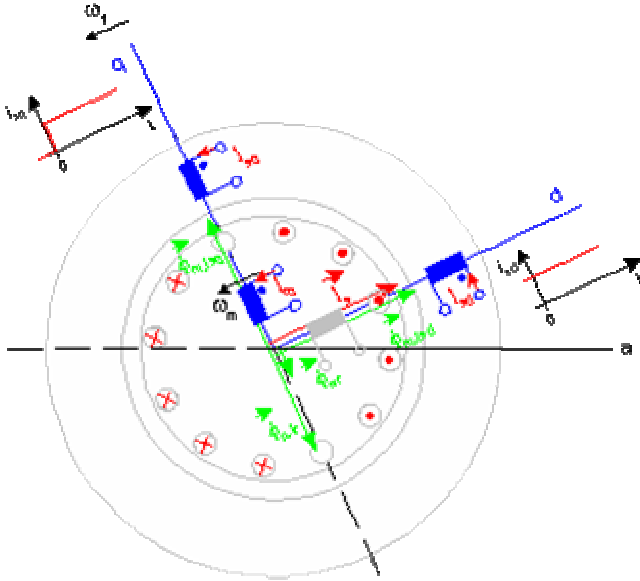
$$\omega_{slip} = k_2 \frac{R'_2 (L_m / L_r) i_{sq}}{\hat{B}_r}$$



**Abbildung 23:** Um für den Rotor die Flussänderung aufrecht zu erhalten, und damit das abgegebene Moment, wird das d-q-System mit  $\omega_{slip}$  über den Rotor hinwegbewegt.

Geht man nun vom gedanklich gebremstem Rotor ab und dreht dieser mit einer Winkelgeschwindigkeit  $\omega_m$ , so erhält man die gleiche Momentenwirkung wenn das dq-System um die Winkelgeschwindigkeit  $\omega_{slip}$  gegenüber dem Rotor dreht

$$\omega_1 = \omega_m + \omega_{slip} \quad \text{Gleichung 6}$$



**Abbildung 24:** Die gleiche Momentenwirkung wie beim gedanklich festgebremsten Rotor wird erreicht, wenn man das d-q-System mit der Schlupffrequenz  $\omega_{slip}$  relativ zum rotierenden Rotor bewegt.

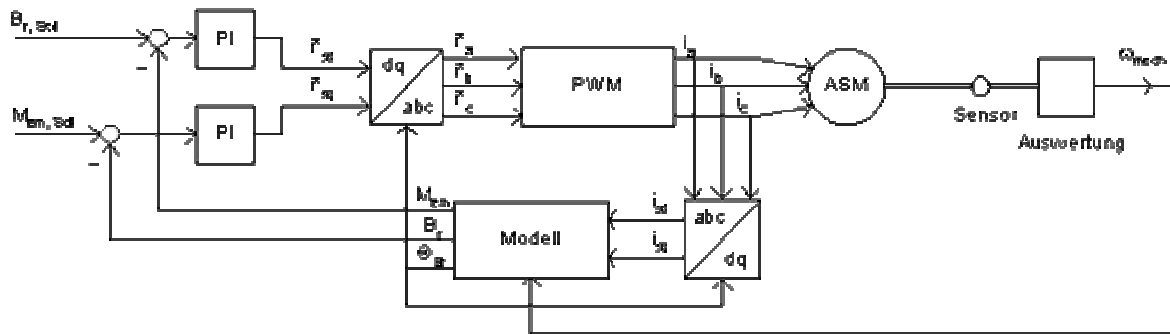
Das bedeutet, man ist nun in der Lage, einen Momentensprung bei einem bestimmten Magnetisierungsstrom  $i_{sd}$  vorzugeben indem man den für das Moment notwendigen Strom  $i_{sq}$  aus der Momentengleichung Glg. 6 berechnet. Eingepreßt wird dieser Strom indem man aus der Schlupfgleichung Glg. die dafür notwendige Schlupffrequenz berechnet.

### Transformation der Dreiphasengrößen

Das Zweiachsen-Wicklungssystem ist eine Modellvorstellung von der realen Drehstrom Induktionsmaschine. Mit diesem Modell ist es aber auf einfache Weise möglich, einen Momentensprung vorgeben zu können. Die Transformation der realen, gemessenen Drehstromgrößen in das d-q-System erfolgt durch folgende eindeutig umkehrbare Transformation:

$$\begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\Theta_{da}) & \cos(\Theta_{da} - 2\pi/3) & \cos(\Theta_{da} - 4\pi/3) \\ -\sin(\Theta_{da}) & -\sin(\Theta_{da} - 2\pi/3) & -\sin(\Theta_{da} - 4\pi/3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{bmatrix} \quad \text{Gleichung 7}$$

$$\begin{bmatrix} i_a(t) \\ i_b(t) \\ i_c(t) \end{bmatrix} = \sqrt{\frac{2}{3}} \begin{bmatrix} \cos(\Theta_{da}) & -\sin(\Theta_{da}) \\ \cos(\Theta_{da} + 4\pi/3) & -\sin(\Theta_{da} + 4\pi/3) \\ \cos(\Theta_{da} + 2\pi/3) & -\sin(\Theta_{da} + 2\pi/3) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} i_{sd} \\ i_{sq} \end{bmatrix} \quad \text{Gleichung 8}$$

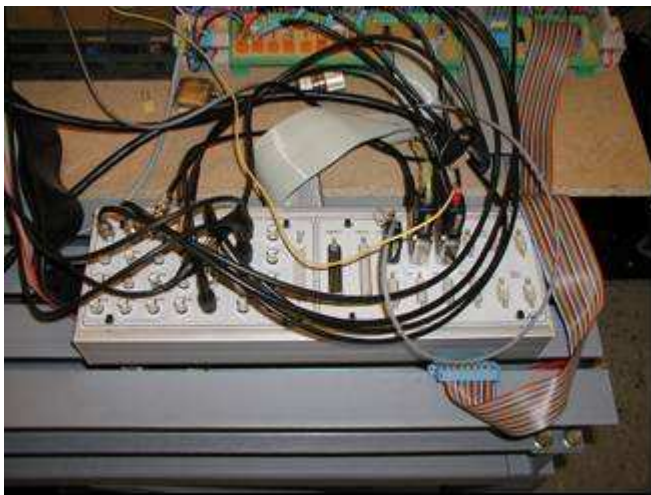


**Abbildung 25:** Blockschaltbild der feldorientierten Regelung. Ein Modell berechnet Zustandsgrößen der Maschine, die als Istwerte dem Fluß- und Momentenregler zur Verfügung gestellt werden.

### 7.1.2 Entwicklung des Asynchronantriebs – Realisierung durch Rapid-Prototyping

#### dSPACE - Entwicklungsumgebung

Die abgeleitete Regelungsstruktur wurde mit Hilfe einer Rapid-Prototyping Entwicklungsumgebung realisiert. Es handelt sich dabei um ein Controller Board (DS1103) der Firma dSPACE. Der Vorteil eines Rapid-Prototyping Systems besteht darin, dass die Regelungsstrukturen graphisch mit Matlab / Simulink programmiert werden können. Alle für die Regelung notwendigen Messsignale werden in das Controller-Board eingelesen und stehen dann für eine Normierung und Weiterverarbeitung in Matlab / Simulink zur Verfügung. Weiters können alle vom Algorithmus berechneten Größen über ADC's ausgegeben werden und so auch am Oszilloskop dargestellt werden. Für das Tuning einer Regelung ist das ein großer Vorteil. Man ist mit diesem System in der Lage, verschiedene Regelalgorithmen in sehr kurzer Zeit zu implementieren und zu testen. Die aufwendige Programmierung eines Signalprozessors entfällt.



**Abbildung 26:** DS1103 Controller Board

Als Aktor für die Maschinenregelung wurde ein IGBT-Pulswechselrichter gebaut. Dieser Umrichter wurde so aufgebaut, dass er vollständig vom DS1103 Controller-Board geregelt und gesteuert werden kann. In Verbindung mit dem Controller-Board kann man mit diesem Umrichter nahezu alle denkbaren Regelalgorithmen die für die feldorientierte Asynchronmaschine existieren am Prüfstand testen und weiterentwickeln.



**Abbildung 27:** IGBT-Pulswechselrichter

Als Lastmaschine stand eine 13.2kW Lenze Servo Asynchronmaschine zur Verfügung. Diese Maschine wird von einem Frequenzumrichter versorgt und erlaubt es verschiedene Belastungsmomente und auch Momentenverläufe der Antriebsmaschine vorzugeben. (siehe Abbildung 28)



**Abbildung 28:** Antriebs- und Lastmaschine am Maschinenprüfstand

Antriebs- und Lastmaschine sind vollständig über einen PC steuerbar. Abbildung 29 zeigt die Struktur der Kontroll- und Messeinrichtungen.



weiterentwickelt. Heute ist eine gute Verfügbarkeit dieses Magnetmaterials gegeben, sodass die Industrie immer mehr auf diese Materialien zurückgreift und damit die Preisentwicklung weiter nach unten drückt. Ein Problem dieser magnetischen Stoffe war von jeher die Tatsache, dass im Fehlerfall sogar eine Entmagnetisierung auftreten kann, die eine Verschiebung des magnetischen Arbeitspunktes zur Folge hat. Mit dieser Verschiebung des Arbeitspunktes verändert sich ebenfalls das gesamte Maschinenverhalten und die Maschine ist damit unbrauchbar. Moderne Materialien sind in dieser Hinsicht aber sehr zuverlässig.

Die Abbildung 30 zeigt eine Gegenüberstellung der unterschiedlichen Materialien.

Entscheidend für das magnetische Verhalten ist einerseits die Linearität der Kennlinie des Magnetmaterials und andererseits gibt die Steilheit der Kennlinie Auskunft über die Entmagnetisierungsfestigkeit des Magnetmaterials. Im Vergleich von AlNiCo und anisotropen Ferriten mit den seltenen Erd-Magneten ist deutlich die verbesserte Linearität und vor allem die bei weitem höhere Koerzitivfeldstärke erkennbar (auf der x-Achse in negativer Richtung aufgetragen). Auf den Punkt gebracht ist es also notwendig, Magnetmaterial zu entwickeln, welches eine hohe Remanenzfeldstärke  $B_r$  und eine möglichst flache, lineare Kennlinie aufweist (hohes  $H_c$ ). Diese Anforderungen werden von Samarium-Kobalt-, und Neodym-Eisen-Bor-Materialien weitestgehend erfüllt. Der Preis für Samarium-Kobalt muss auch heute noch als sehr hoch bezeichnet werden und auf Grund der geringen Verfügbarkeit dieser seltenen Erden wird sich das auch in absehbarer Zeit nicht ändern. Dem gegenüber ist die Neodym-Eisen-Bor (Nd-Fe-B) Verbindung heute schon viel billiger und kann als Zukunft der Permanentmagnetmaterialien betrachtet werden.

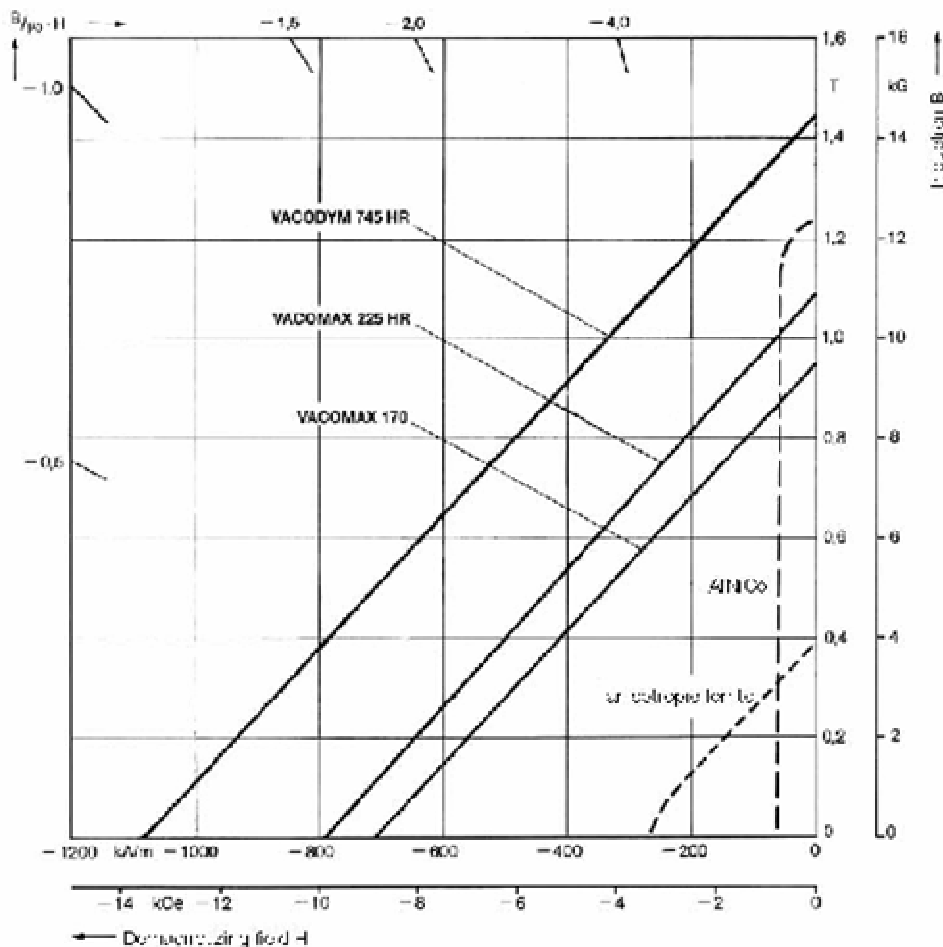


Abbildung 30: Demagnetisierungskurven von gängigen Permanentmagnetmaterialien

## 7.2.2 Auslegung eines Magnetkreises und das Ankerquerfeld

Die Kunst der magnetischen Dimensionierung einer elektrischen Maschine ist die Fähigkeit, mit den Nichtlinearitäten, die ein magnetischer Kreis mit sich bringt, umzugehen.

Grundsätzlich sind zwei Varianten zur Berechnung möglich, wobei diese jeweils ergänzend eingesetzt werden:

- Analytische Berechnung
- Berechnung über Finite Elemente (numerische Berechnung)

Im Rahmen dieses Projekts sind beide Berechnungsvarianten zum Einsatz gekommen. Die analytische Berechnung wurde als Anhaltspunkt und für die Grundausslegung herangezogen. Hingegen wurde die numerische Berechnung für die Feinabstimmung des Magnetkreises verwendet.

### *Die Feldbilder als Hilfsmittel zur Feinauslegung*

Die Finite-Elemente-Analyse ist ein sehr umfangreiches Hilfsmittel hinsichtlich der Maschinenauslegung. Die Theorie dieser Berechnungsvariante ist mit den Maxwell'schen Gleichung definiert. **James Clerk Maxwell** (\* 13. Juni 1831 in Edinburgh, † 5. November 1879 in Cambridge, eigentlich **James Clerk**) war ein schottischer Physiker (Quelle: [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)).

Erst die moderne Computertechnik macht eine praktische Verwendung dieser Algorithmen für den Anwender möglich. Mit Hilfe der Computertechnik werden diese Feldgleichungen anhand von Randbedingungen und Näherungsalgorithmen an die richtige Lösung angenähert und abgebildet. Eine Software für die Nachbearbeitung erlaubt es, diese Lösung in physikalische Größen umzurechnen und weitere Aussagen zu treffen. Diese numerischen Lösungen sind je nach Rechenalgorithmus und natürlich dem Anwender der Software mehr oder weniger fehlerbehaftet. Es liegt also am Anwender diese Fehler zu erkennen und zu beseitigen. Deshalb wurden im Rahmen dieses Projekts immer die errechneten Werte mit den tatsächlichen Messwerten abgeglichen, um die Simulationsergebnisse zu verifizieren und den größten Lerneffekt für alle Beteiligten zu erzielen.

Die Permanentmagneterregte Synchronmaschine (PMSM) ist von der Ausnutzung und vom Wirkungsgrad die optimale Antriebsmaschine. Hinsichtlich der begrenzten Energie die aus den speisenden Batterien zur Verfügung steht, kann jede Wirkungsgradverbesserung in eine Reichweitenerhöhung pro Batterieladung umgerechnet werden. Der Wirkungsgrad selbst ist eine der Größen, mit denen ein technisches System umfassend beschrieben werden kann. Die wichtigste Aussage, die über ein technisches System getroffen werden kann, wird mit dieser Größe abgebildet. Speziell Antriebssysteme (Frequenzumrichter und Elektrische Maschine) liegen vom Gesamtwirkungsgrad in Größenordnungen zwischen 70% bis zu 95% und je nach Bauform sogar darüber. Bezogen auf die Leistung, die in diesem Projekt in Betracht kommt (2,5 – 3 Kilowatt), müssen auf Grund der geringen Baugröße mit einem Wirkungsgrad von maximal 80% für das Gesamtsystem gerechnet werden. Für die elektrische Maschine ist in diesem Fall ein maximaler Wirkungsgrad von 90% anzusetzen.



## Der Wirkungsgrad

Was versteht man nun unter einem Wirkungsgrad von 80%? Das Gesamtsystem hat eine Durchgangsleistung von 100% und davon werden 80% als nutzbare Leistung von diesem System wieder abgegeben. Im Fall eines elektrischen Antriebs wird auf einer Seite elektrische Energie, die in den Bleibatterien chemisch gespeichert ist, eingespeist, und auf der anderen Seite als mechanische Energie an der Welle abgegeben wird. Die Frage die sich nun stellt: Wo bleiben die restlichen 20%? Diese Energie wird auf Grund der Verluste im Umwandlungsprozess in Wärme umgewandelt. Natürlich ist jeder Techniker bemüht, diese Verluste so gering wie möglich zu halten. Damit ist die Grundidee dieser Arbeit auch schon formuliert. Die Verluste sollen, um die Reichweite mit einer Batterieladung zu erhöhen, minimiert werden.

### 7.2.3 Das Projektziel

Der Fahrbetrieb, wie in dieser Anwendung gegeben, stellt besondere Herausforderungen an einen Antrieb. Die Dimensionierung wird von der gewünschten Steigfähigkeit, der Endgeschwindigkeit und der Fahrdynamik bestimmt. Da elektrische Maschinen generell bei mittleren bis hohen Drehzahlen effizienter arbeiten, ist man als Elektromaschinenbauer bestrebt, die Getriebeübersetzung so zu wählen, dass der Antrieb überwiegend in diesem optimalen Drehzahlbereich betrieben wird. Damit ist der Antrieb von der Drehzahl festgelegt. Das maximale Drehmoment eines solchen Antriebs wird in der Regel bei Beschleunigungsvorgängen und bei Steigungen abverlangt. Diese Tatsache lässt die Ermittlung eines Grunddrehmoments zu und über die Drehzahl ergibt sich die maximale Leistung. Die Ausnutzung einer elektrischen Maschine kann durch die Einführung eines weiteren Betriebsmodus erhöht werden:

#### Die Feldschwächung

Grundsätzlich ergibt sich das Drehmoment einer elektrischen Maschine über die Größen Magnetfeld und Strom. Über die Bauform wird eine optimale Ausrichtung dieser Größen in der Maschine begünstigt und damit die Drehmomentenbildung optimiert. Im so genannten Feldschwächbetrieb wird das Feld der Maschine mit der steigenden Drehzahl abgesenkt, wobei der Strom konstant bleibt. Da aus dem Produkt von Feld und Strom die Momentenbildung resultiert, muss damit das Moment mit der Drehzahl im selben Umfang abnehmen. Diese Zusammenhänge sind in Abbildung 31 grafisch dargestellt.

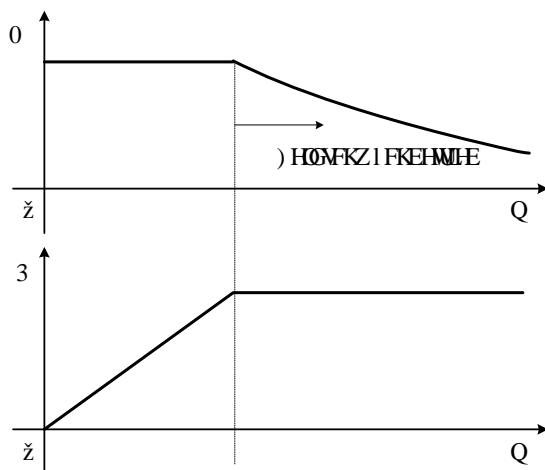
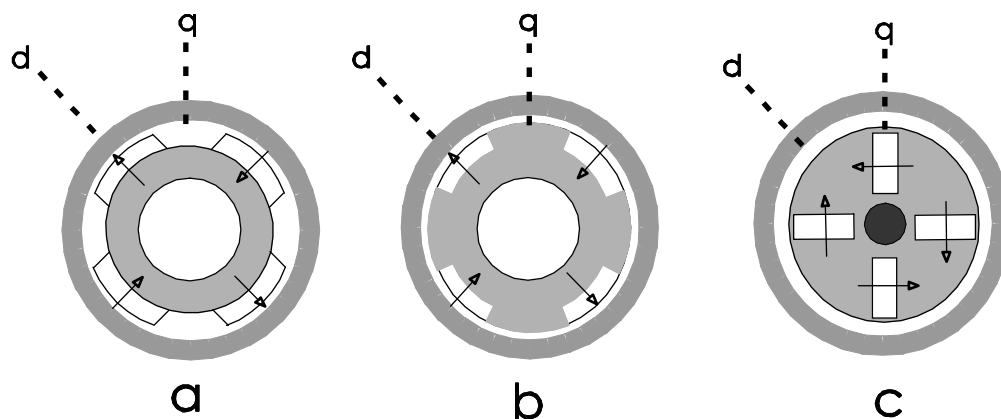


Abbildung 31: Drehmoment  $M$  und Leistung  $P$  einer elektrischen Maschine über die Drehzahl

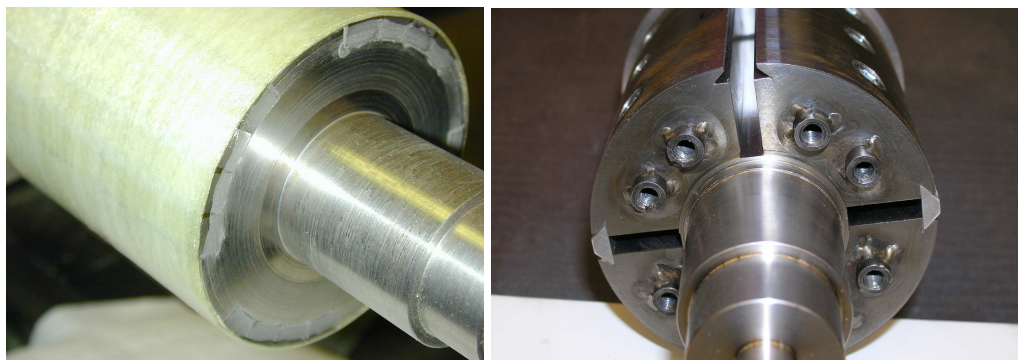
Im speziellen Fall der permanentmagneterregten Synchronmaschine fehlt an sich die Einrichtung, um das Feld zu verringern, da die hauptfeldbildende Wicklung durch eben diese Magnete ersetzt wurde. Hiermit fehlt also offensichtlich die Grundlage um diese Maschinengattung in diesen Betriebsbereich zu bringen. Tatsächlich aber kann mit moderner Umrichtertechnik und der Rechenleistung von Signalprozessoren eine Quasi-Feldschwächung erreicht werden. Dieser Betriebsbereich wird als Erweiterung der Maschinencharakteristik für den Fahrbetrieb vorteilhaft genutzt, da der Drehmomentverlauf im Fahrbetrieb einen Konstantmomentbetrieb bis zur maximalen Drehzahl nicht notwendigerweise vorschreibt. Dieser Effekt des Quasi-Feldschwächens hängt entscheidend von der Rotorgeometrie ab und ist ein Designkriterium.

In Abbildung 32 sind die grundsätzlichen Rotortypen abgebildet.



**Abbildung 32: Mögliche Rotorbauformen**

Die Rotorform a wird als Luftspaltbauweise bezeichnet und ist die einfachste Bauform. Kennzeichnend für diese Bauform ist die Symmetrie der magnetischen Pfade. Diese Bauform ist eher schlecht für die Feldschwächung geeignet. Die Bauform b zeigt die Magnete in den Rotor hineingesenkt. Daher entsteht ein ausgeprägter Zahn, der bei spezieller Auslegung für den Feldschwächbetrieb von Vorteil ist. Rotorbauform c besitzt stehend angeordnete Magnete, welche in den Rotor „vergraben“ sind. Deshalb wird diese Bauform im Fachjargon auch als „buried-type“ bezeichnet. Bauform c hat die größten Möglichkeiten in der Gestaltung der magnetischen Kreise und ist mit derzeitigem Projektstand auch die am besten geeignete Rotorform. Eine weitere Eigenschaft dieser Bauform ist, dass die Permanentmagnete gänzlich vom Rotoreisen umschlossen werden und damit sowohl mechanisch als auch magnetisch geschützt sind. Diese Eigenschaft ist hinsichtlich der Betriebssicherheit und der Robustheit des Antriebs ein großer Vorteil.



**Abbildung 33: Gegenüberstellung der Rotorbauformen b und c**

Die Abbildung 33 zeigt die Rotorbauformen b und c in der praktischen Ausführung, wobei im linken Bild die eingesenkten Magnete und die mechanische Fixierung über das

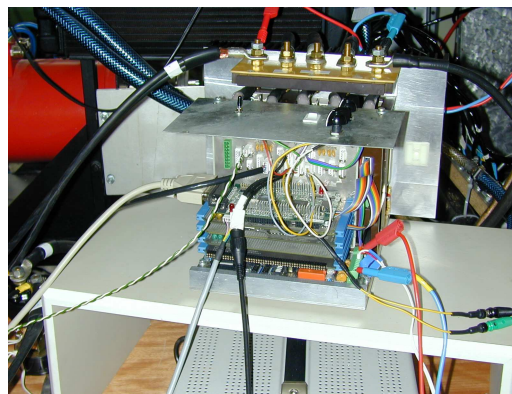
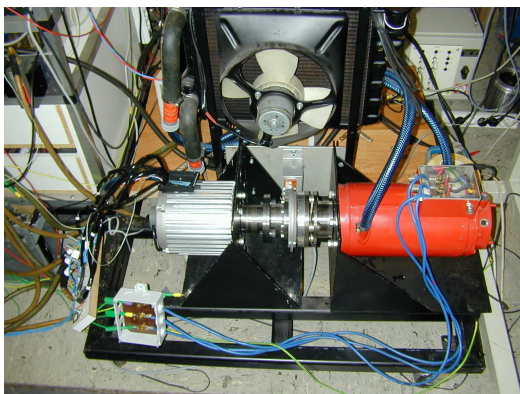
glasfaserverstärkte Kunststoffband zu sehen sind. Das rechte Bild zeigt den unbestückten Rotor (Magnete noch nicht eingebracht) und auch hier ist charakteristisch zu erkennen, dass die Magnete mit Schwalbenschwanzschüben aus nichtmagnetischem Aluminium mechanisch fixiert werden. Die auftretenden Fliehkräfte mit Drehzahlen bis zu 6500 Umdrehungen pro Minute machen eine robuste Bauweise notwendig.

Die Erweiterung der Grunddrehzahl kann über einen Faktor angegeben werden, der sich aus der maximal möglichen Drehzahl im Verhältnis zur Grunddrehzahl errechnet. Die Erweiterung des Grunddrehzahlbereichs um den Faktor zwei bis drei ist das erklärte Projektziel, wobei dabei der Wirkungsgradvorteil gegenüber der Asynchronmaschine aufrecht bleiben sollte.

#### 7.2.4 *Praktischer Aufwand des Projekts*

Um nun die Feldschwächbarkeit einerseits und auch den hohen Wirkungsgrad andererseits praktisch unter Beweis zu stellen, wurde ein Prüfstand mit Dreiphasenwechselrichter (batteriegeliefert) aufgebaut. Die Regelung wird mittels Texas Instruments Signalprozessor realisiert. Bei diesem Signalprozessor handelt es sich um einen 16 Bit Festkommprozessor getaktet mit 30Mhz. Die Regelungsstruktur entspricht der Standard- Stromregelung im rotorfesten Koordinatensystem, welche mittels geeigneter Strukturen für die Feldschwächung erweitert wird. Diese Erweiterungen können einerseits mittels Look- Up- Table erreicht werden oder mit einer adaptiven Stromsollwertvorgabe für den „Feldschwächstrom“. Die Regelschleife (Interruptloop) ist mit 125 Microsekunden festgelegt und ergibt damit eine Pulsfrequenz von 8 kHz für die pulsweitenmodulierte Spannung an der Permanentmagneterregten Synchronmaschine.

Abbildung 34 zeigt den Prüfstand mit dem silberfarbigen Prüfling (linke Abbildung). Der Stator des Prüflings wird als Basis für die weiteren Versuchsaufbauten herangezogen. Die gesamte rotierende Einheit wird so konzipiert, dass, obwohl die Rotoren vom Aufbau her unterschiedlich sind, derselbe Stator genutzt werden kann. Damit ist eine Testplattform gegeben, die weit reichende Untersuchungen ermöglicht.



**Abbildung 34: linkes Bild: Prüfstand mit Prüfling (links) und Lastmaschine (rechts)  
rechtes Bild: Wechselrichter**

Abbildung 35 zeigt den schematischen Aufbau des Prüfstandes für die Parameterermittlung der einzelnen Rotortypen. Hierbei wird der Prüfling über den Maschinensatz mit einer in Frequenz und Amplitude variablen sinusförmigen Spannung versorgt. Die sinusförmige Speisung ermöglicht die Ermittlung der Grundwellenparameter, ohne dass Oberwelleneffekte mit einbezogen werden müssen.

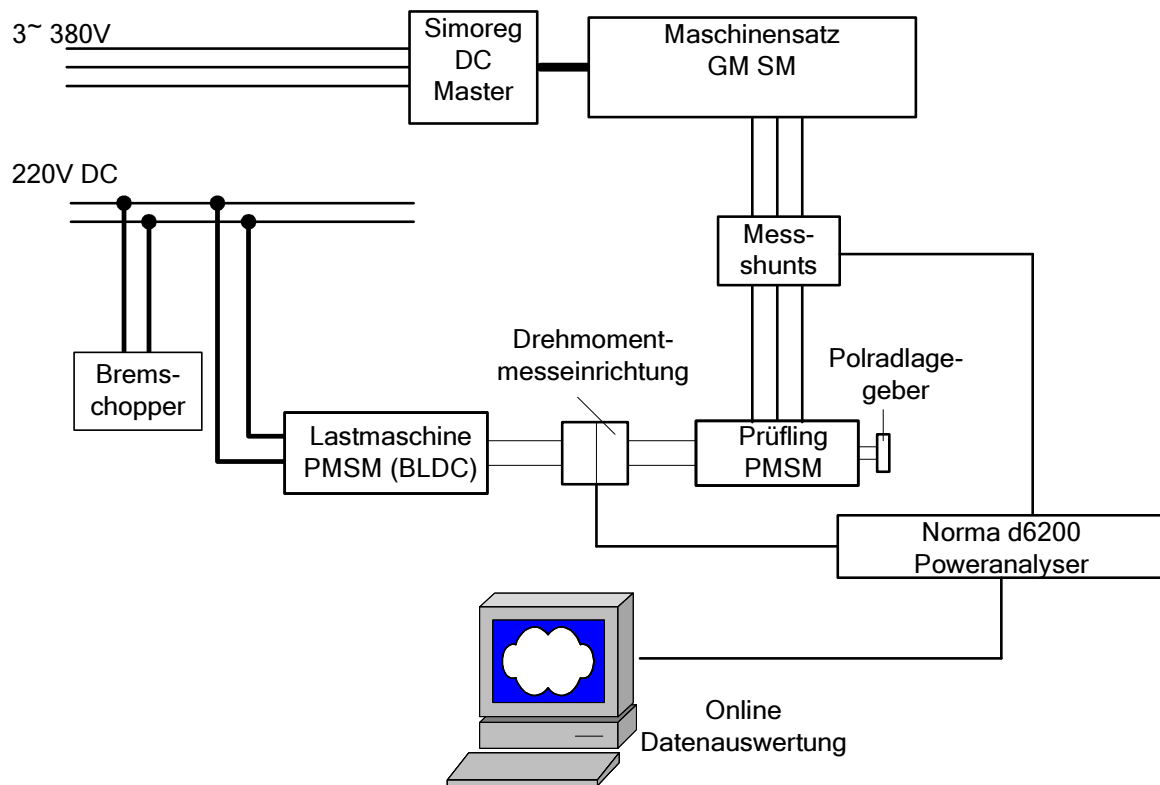


Abbildung 35: Symbolische Darstellung des Prüfstandes zur Messung der Maschinenparameter

Ein großer Teil des Aufwands musste in die Hardware investiert werden, wobei in erster Linie auf die Maschine selbst der Schwerpunkt zu legen war. In unserer institutseigenen mechanischen Fertigung werden laut den angefertigten Maßzeichnungen die Einzelteile hergestellt.

Ausgehend von einem handelsüblichen Statorblechpaket wird laut Dimensionierung die Wicklung eingebracht.

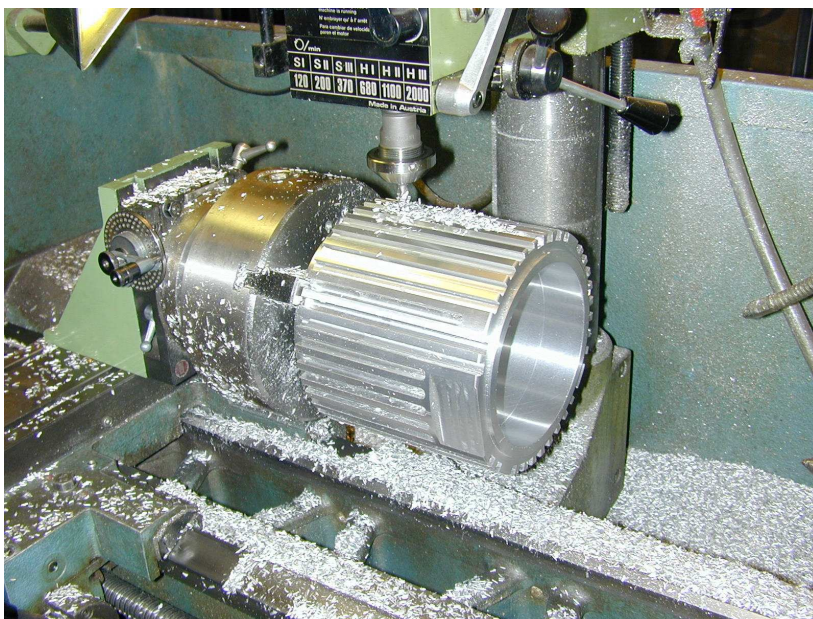


Abbildung 36: Fertigung Statorgehäuse

Auf Grund der doch speziellen Statorblechpaketabmessungen (kein Normmotor) konnte kein geeignetes Statorgehäuse kostengünstig zugekauft werden, so dass auch die Fertigung eines solchen mit eingeplant werden musste. Da hierfür aber auch die

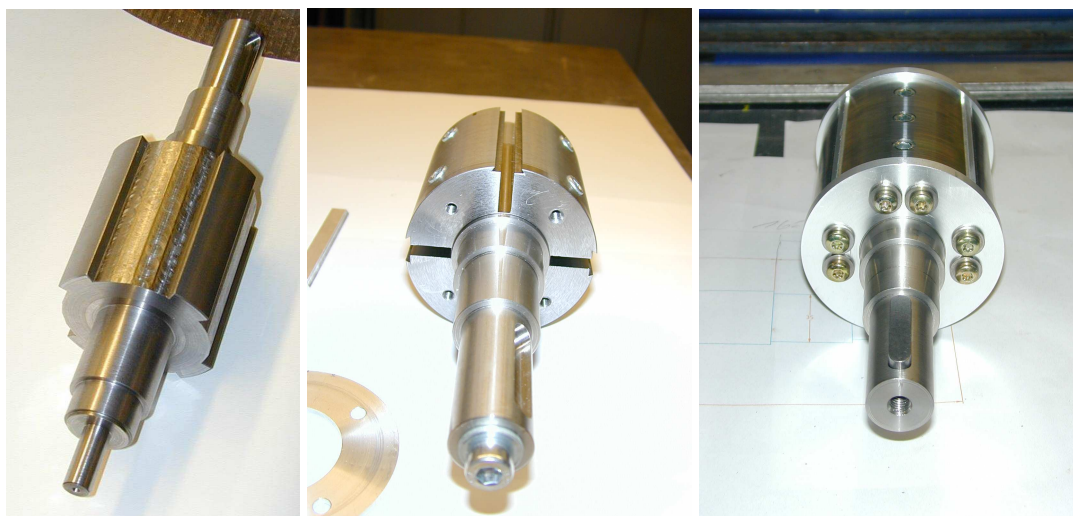
Institutsmöglichkeiten ausreichend sind, konnte von einer Fremdvergabe abgesehen werden. Der Fertigungsvorgang ist in Abbildung 36 zu sehen. Die Verbindung zwischen Statorblechpaket und Statorgehäuse wird mittels thermischen Einschrumpfens erreicht. Hierfür wird das Statorgehäuse auf eine Temperatur von über 200 °C gebracht, womit über die unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Vorgang des „Einschrumpfens“ ermöglicht wird. Bei Temperaturabgleich ist die mechanische Festigkeit zwischen diesen beiden Motorelementen hergestellt und die weitere Verarbeitung kann erfolgen.



**Abbildung 37: Einschrumpfen des Statorblechpakets in das Gehäuse**

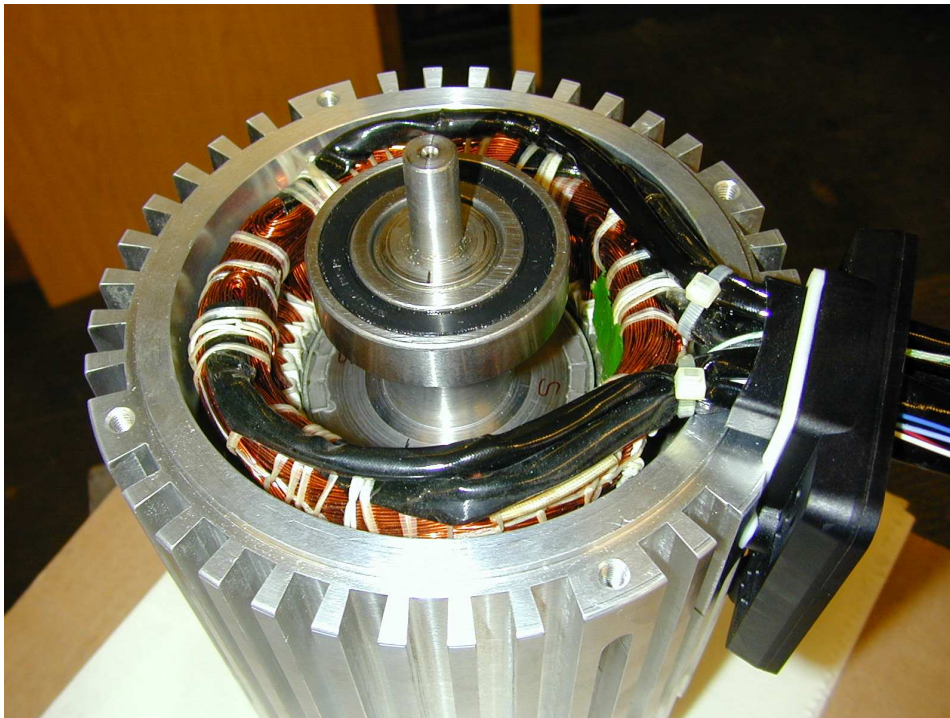
Die Fertigung des Rotors bedingt aufwendige Fräsarbeiten, die extern vergeben werden müssen, da die maschinellen Gegebenheiten am Institut nicht ausreichend sind.

Die Abbildung 38 zeigt die drei gefertigten Rotortypen, wobei die linke Abbildung den Typ b und das mittlere und rechte Bild jeweils den Typ c zeigt. Die Varianten vom Typ c unterscheiden sich in der Ausführung des magnetischen Kreises. Hierbei wurde einerseits der magnetisch aktive Teil mit solidem Eisen, andererseits mit hochpermeablem Motorenblech hergestellt. Die letztere Bauform stellt vor allem sehr große Anforderungen an den mechanischen Aufbau, da die Einzelbleche erst mechanisch miteinander verbunden werden mussten. Dieser Verbund wurde dann als Einheit weiterverarbeitet. Natürlich durften diese mechanischen Verbindungen die magnetischen Eigenschaften der Geometrie nur vernachlässigbar beeinflussen! Um die Fliehkräfte zu beherrschen sind jeweils drei Schrauben pro magnetischen Pol vorgesehen. In radialer Richtung mit der nicht-magnetischen Welle verschraubt nehmen sie die Fliehkräfte auf.



**Abbildung 38: Realisierte Rotoren**

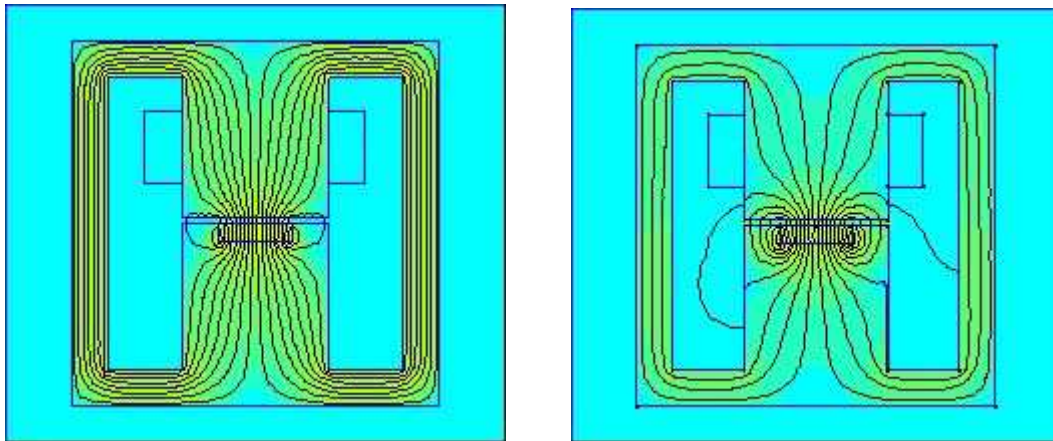
Nach dem Einbringen der Magnete werden diese fixiert. Die Vorgehensweise ist beim Typ c um einiges leichter zu bewerkstelligen, da bereits mechanische Vorkehrungen getroffen wurden. In der Praxis hat sich auch gezeigt, dass neben der geringeren Magnetmasse auch die Einbringung technisch leichter zu realisieren ist. Damit kann grundsätzlich die Aussage getroffen werden, dass sich der Typ c in der Serienfertigung leichter und billiger realisieren lässt. Die Freiheitsgrade in der Gestaltung der magnetischen Eigenschaften sind ebenfalls größer bis hin zu flusskonzentrierenden Bauformen, die speziell bei höherpoligen Maschinen zur Anwendung kommen. Die Abbildung 39 zeigt den zusammengesetzten Motor ohne B-seitigem Lagerschild. Der Aufwand für den Tausch der einzelnen Rotoren beschränkt sich also auf den mechanischen Tausch des Rotors und die Anpassung des Rotorlagegebers, der für die Vermessung und auch für den Umrichterbetrieb notwendig ist. Mit Montagemarken kann aber auch dieser Aufwand minimiert werden.



**Abbildung 39: Motor komplett mit Sicht auf Lager B**

### ***7.2.5 Grundlegende Erläuterungen zum Thema „Feldschwächung“ in Permanentmagneterregten Synchronmaschinen:***

Der Begriff Feldschwächung kommt aus dem Bereich der Elektrischen Maschinen mit elektrischer Erregung. Permanentmagneterregte Maschinen haben das Magnetfeld durch die Magnete selbst eingepägt. Dadurch wird es ungleich schwerer, direkt das Feld zu beeinflussen. Prinzipiell muss also davon ausgegangen werden, dass im Feldschwächbetrieb ein Gegenfeld aufgebracht wird, welches das eigentliche Feld der Magnete in die Streuung drängt - damit wird das spannungsbildende Feld, das mit der Statorwicklung verkettet ist, verringert.

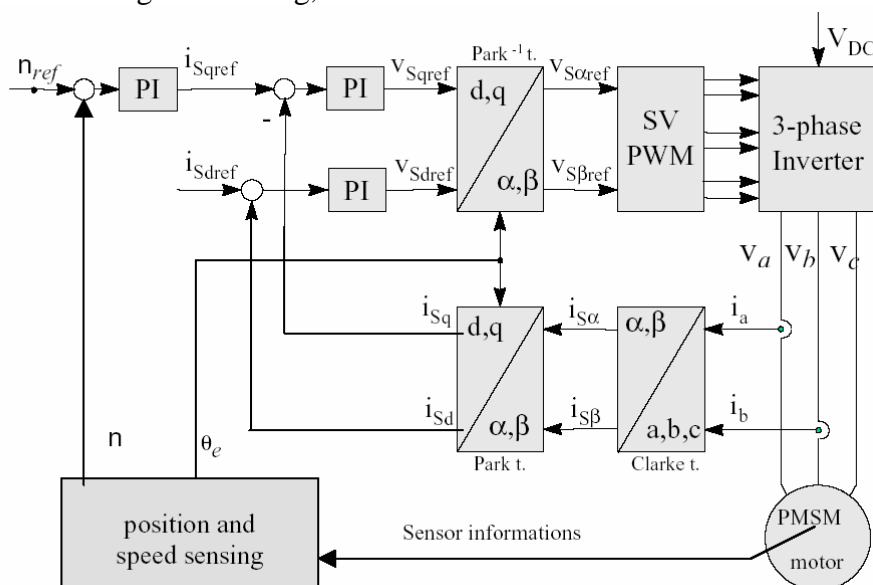


**Abbildung 40: linkes Bild: Magnetkreis ohne Feldschwächung  
rechtes Bild: Magnetkreis mit Feldschwächung**

In Abbildung 40 wird im linken Bild ein Magnetkreis ohne jeglichen Feldeingriff von außen dargestellt. Hingegen wird im rechten Bild über eine Spule, die am Eisenkern angebracht ist, eine Gegeninduktion aufgebracht, die das Feld sichtlich verdrängt. Damit ist das Prinzip der Feldschwächung gezeigt.

Um diese Feldzustände in der rotierenden Maschine realisieren zu können, muss ein großer regelungstechnischer Aufwand getrieben werden. Diese Algorithmen zur Transformation in das rotorfixe Koordinatensystem sind Stand der Technik. Im Zusammenspiel mit der Messtechnik für die Stromerfassung werden die Ist-Werte der Strommessung über mathematische Transformationen in das neue Bezugssystem umgerechnet.

In der Abbildung 41 ist dieser Regelalgorithmus dargestellt. Die Ausgabe der Messsensorik wird auf die Clarke-Park-Transformation geführt. Diese so erhaltenen Gleichgrößen werden über PI-Regler geführt, die wiederum die Eingangsgrößen für den Wechselrichter und damit der Spannungsbildung an den Maschinenklemmen ermöglichen. Dieses Prinzip der Spannungsbildung stößt an seine Grenzen, wenn die Maximalspannung des Wechselrichters erreicht ist. Ab diesem Zeitpunkt wird die „Feldschwächung“ notwendig, um die Drehzahl weiter zu erhöhen.



**Abbildung 41: Prinzip der Regelung für die PMSM**

Da davon ausgegangen werden kann, dass Strom für die Feldschwächung in die Maschine eingepreßt werden muss, stellt sich die Frage nach der Geometrie der Maschine, um diesen Strom so gering wie möglich zu halten. Die zuerst gewählte Rotorgeometrie (Typ b) hat konstruktionsbedingt einen hohen Strombedarf, um das Feld zu verdrängen. Auf der Suche nach einer für die Feldschwächung besser geeigneten Rotorgeometrie wurde auf den Typ c übergegangen. Der Vorgang der Feldverdrängung ist auf ein Gegenfeld zurückzuführen, das von im Stator fließenden Strom ausgeht. Die Größe des Luftspalts gibt die Möglichkeit, die Stärke dieses Gegenfeldes zu variieren. Der Trick der Optimierung der Rotorgeometrie liegt in der Kunst, über einen Teil des Rotors das Gegenfeld stärker auszuprägen als über dem Rest. Dieser Effekt der Feldverdrängung ist an sich bei elektrischen Maschinen nicht erwünscht, da damit das Betriebsverhalten negativ beeinflusst wird. Die Abbildung 42 zeigt den Rotor vom Typ c im Detail, wobei die schraffierten Flächen die Magnete darstellen.

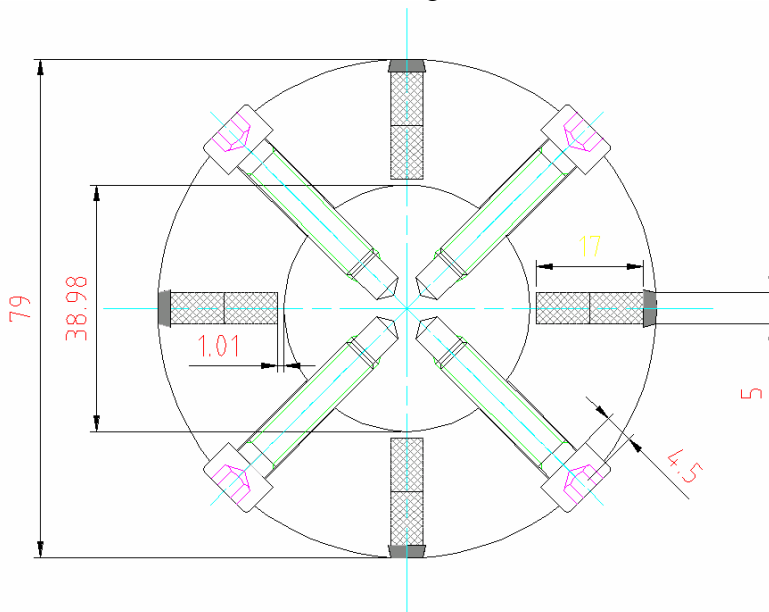


Abbildung 42: Optimierte Rotorgeometrie (Rotor 2)

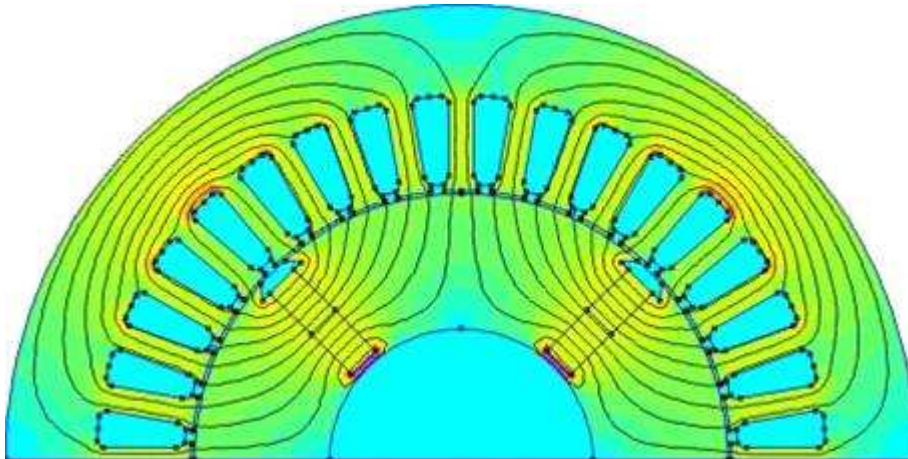
### 7.2.6 Finite Elemente

Mittels der Finiten Elemente Analyse (FEA) ist es möglich, das Magnetfeld in der Maschine und alle zusammenhängenden Größen vorab zu simulieren. Hierbei werden die Maxwell'schen Gleichungen mittels festzulegender Randbedingungen iterativ gelöst. Dieses Verfahren verlangt viel Zeit und Rechenleistung, die ein moderner Desktop-PC zur Verfügung stellt. Trotzdem erfordert ein Rechenzyklus an die zehn Minuten. Diese Rechenzyklen müssen je nach gewünschtem Ergebnis mit veränderter Geometrie wiederholt und ausgewertet werden. Da es sich hierbei um die Lösung nichtlinearer Zusammenhänge handelt, wird die Lösung numerisch mit iterativen Verfahren angenähert. Diese Verfahren haben als Basis die nichtlinearen Kennlinien der eingesetzten Materialien. Die Kennlinien sind das Fundament der Berechnung, deshalb sollte auch besonderer Wert auf die Richtigkeit dieser Kennlinien gelegt werden. Während der Durchführung dieses Projekts sind zu gegebener Zeit immer Referenzmessungen durchgeführt worden, um die Richtigkeit der Simulation zu überprüfen.

Im Anschluss finden sich Abbildungen von Feldbildern, die den Feldschwächvorgang zeigen sollen. In Abbildung 43 ist die leerlaufende Maschine dargestellt. Es kann davon ausgegangen werden, dass das Feld in der Polmitte (horizontale Bildmitte) hauptsächlich



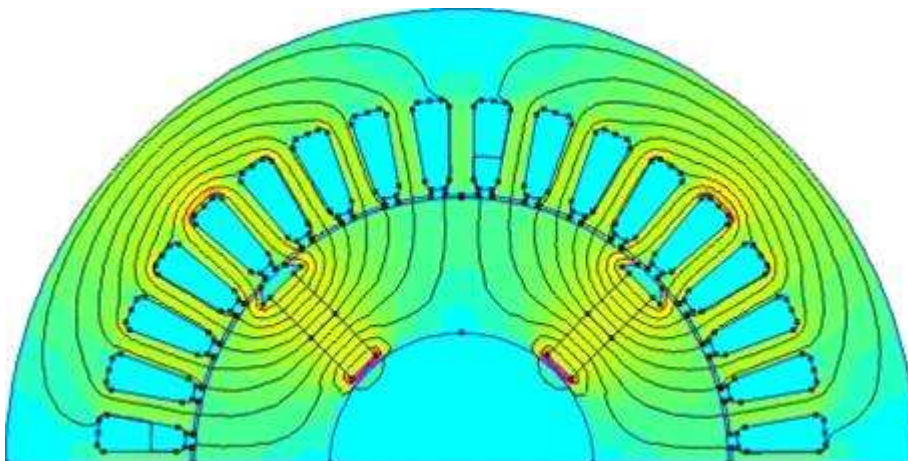
für die Spannungsbildung verantwortlich ist. Es gilt also dieses Feld über geeignete Stromeinprägung zu verringern.



**Abbildung 43: Leerlaufende Maschine ohne Ankerstrom**

Es kann, wie auch in der einfachen Anwendung, gezeigt werden, dass im rotations-symmetrischen System ebenfalls eine Verringerung des Feldes herbeigeführt wird (Abbildung 44). Der Unterschied zur grundlegenden Darstellung besteht bei rotierenden Maschinen darin, dass der eingeprägte Strom mit dem Rotor rotieren muss, um den Effekt auch bei drehendem Rotor zu erhalten. Dafür sind der bereits erwähnte Pulswechselrichter und die dazugehörige Software zuständig. Mittels dieses Regelalgorithmus kann der Stromvektor über die Statorwicklung verteilt je nach Bedarf verändert werden und damit sowohl das Moment an der Welle und die Klemmenspannung am Motor beeinflusst werden.

Die Abbildung 44 zeigt im Vergleich zu Abbildung 43 den Unterschied der Feldverteilung bei Bestromung im Feldschwächbetrieb. Dabei ist deutlich das geringere Feld in Bildmitte zu erkennen. Hiermit wird unter diesen Betriebsbedingungen eine geringere Grundwellenspannung induziert und damit der gewünschte Effekt erzielt. Naturgemäß bringt dieser Betriebszustand nicht nur Vorteile mit sich, da das Feld nicht eliminiert sondern verdrängt wird und damit weiterhin Verluste im Magnetkreis entstehen. Damit wird der Wirkungsgrad mit steigender Drehzahl verringert und der Antrieb als solches weniger effizient. In wie weit dieser Betriebszustand Vorteile bringt ist ebenso eine zu klärende Frage in diesem Projekt.



**Abbildung 44: Mechanischer Leerlauf und Feldschwächbetrieb**

### 7.2.7 Die Ergebnisse

Die umfangreichen Messungen führten zu einer Vielzahl von Messergebnissen, die in einer laufenden Dissertation am Institut für Elektrotechnik – Montanuniversität Leoben unter dem Arbeitstitel „Permanentmagneterregte Synchronmaschine im Feldschwächbetrieb“ zusammengefasst werden. Diese Arbeit wird mit Februar 2005 abgeschlossen und der Autor möchte für technische Details auf diese Dissertation verweisen.

Die Untersuchungen an beiden Rotortypen haben ergeben, dass sich für das gegebene Magnetmaterial der Rotor-Typ c besser für den Feldschwächbetrieb eignet als der Rotor-Typ b. Der Grund dafür kann im magnetischen Flusspfad gefunden werden. Im Falle des Typs b hat der magnetische Fluss zweimal die Höhe der Magnete zu überwinden, was zu einer niedrigen Induktivität in Magnetisierungsrichtung führt. Dadurch ist auch der höhere Strombedarf zu erklären, der für die Absenkung der effektiven Klemmenspannung der Synchronmaschine notwendig ist. In Abbildung 45 ist der Strombedarf pro Spannung über der Frequenz aufgetragen, wobei zu erkennen ist, dass sich der Strombedarf mit steigender Frequenz einem Grenzwert annähert. Die theoretischen Zusammenhänge sind in der Veröffentlichung von T.A. Lipo et al [8] aufgearbeitet. Diese Zusammenhänge sind seit geraumer Zeit bekannt, trotzdem konnten sich Permanentmagneterregte Synchronmaschinen nur in Nischen durchsetzen. Der Grund dafür muss im weitaus höheren Preis zu suchen sein. Da in den letzten Jahren die Entwicklung von billigeren Materialien (Nd-Fe-B) mit teilweise sogar höheren Energiedichten möglich war, wird diese Maschinengattung auch immer interessanter für größere Stückzahlen.

Da diese Maschinengattung auf einer nicht-rotationssymmetrischen Geometrie aufbaut ist auch die mathematische Modellierung nur sehr begrenzt anwendbar. Die einfachen mathematischen Modelle basieren auf dem Grundwellenprinzip, welches naturgemäß seine Grenzen hat. Im speziellen Betriebsfall der Feldschwächung (konkret Feldverdrängung) kommen Oberwellenerscheinungen zum Tragen, die im Grundwellenmodell nicht mehr beschrieben sind und damit das Ergebnis unbrauchbar machen. Trotzdem war es mit einem speziellen Modell („The fictitious field current model for PMSM“) beschrieben in [5] möglich, einen sehr weiten Betriebsbereich auch messtechnisch zu erfassen. Aus diesen Ergebnissen sind folgende Diagramme entstanden.

Die Abbildung 45 zeigt eine Gegenüberstellung der Feldschwächfähigkeit der beiden Rotorgeometrien. Dabei ist zu erkennen, dass der Typ b (Rotor 1-R1, obere Kennlinie) im Strombedarf für die Feldschwächung bei jeder Drehzahl höher liegt als der Typ c (Rotor 2-R2, untere Kennlinie). Mit dem Typ b war es im Umrichterbetrieb nicht möglich, konsequent in den Feldschwächbetrieb vorzustoßen, da die Strombegrenzung der Komponenten durch den Regelalgorithmus überschritten wurde.

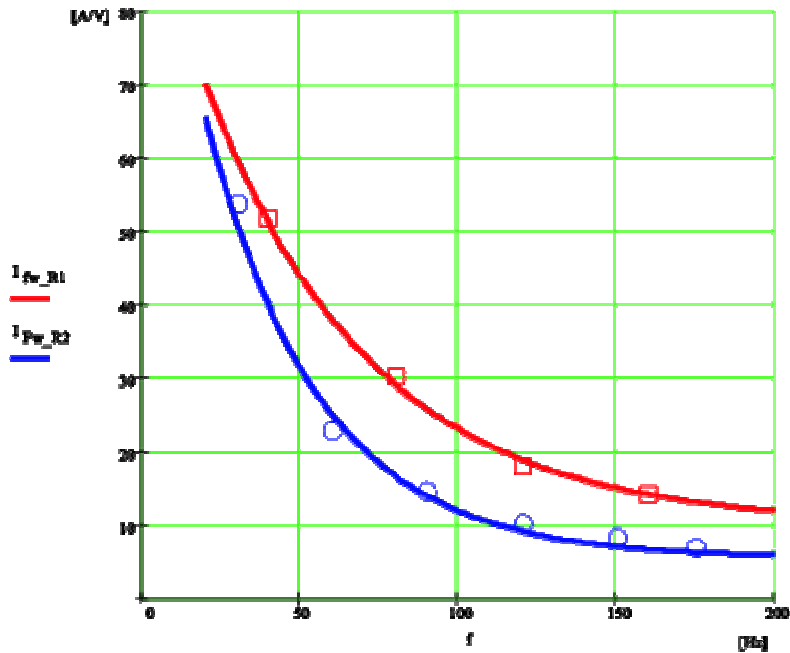


Abbildung 45: Vergleich der Rotor-Bauformen b und c

Die Gegenüberstellung der Parameter macht den Grund dafür ersichtlich. In Abbildung 46 ist das Kennlinienfeld für Rotor 1 (Typ b) dargestellt.

Dieses Kennlinienfeld lässt darauf schließen, dass die Polausprägung im Feldschwächbetrieb (Entsättigung der Reaktanz) zu gering ist und damit keine ausreichende Momentenbildung zustande kommt. Im Vergleich dazu kann der Rotor 2 (Typ c) angeführt werden (Abbildung 47).

Im Vergleich der beiden Kennlinienfelder (Abbildung 46 und Abbildung 47) geht klar hervor, dass sich die Polausprägung beim Typ c klarer ausprägt, obwohl das Sättigungsverhalten der Querachse sehr stark ist (zu sehen in der Abgrenzung der oberen zur unteren Ebene über den gesamten Betriebsbereich).

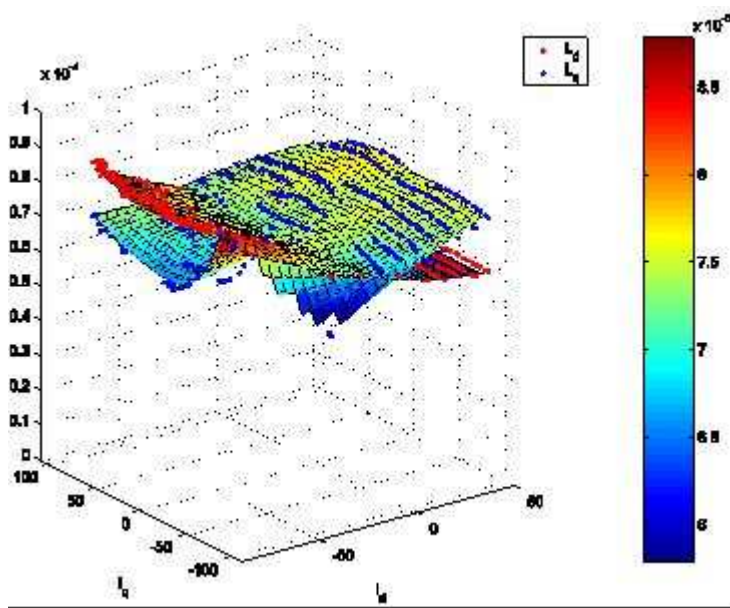


Abbildung 46: Parameterkennlinien Rotor 1 (Typ b)

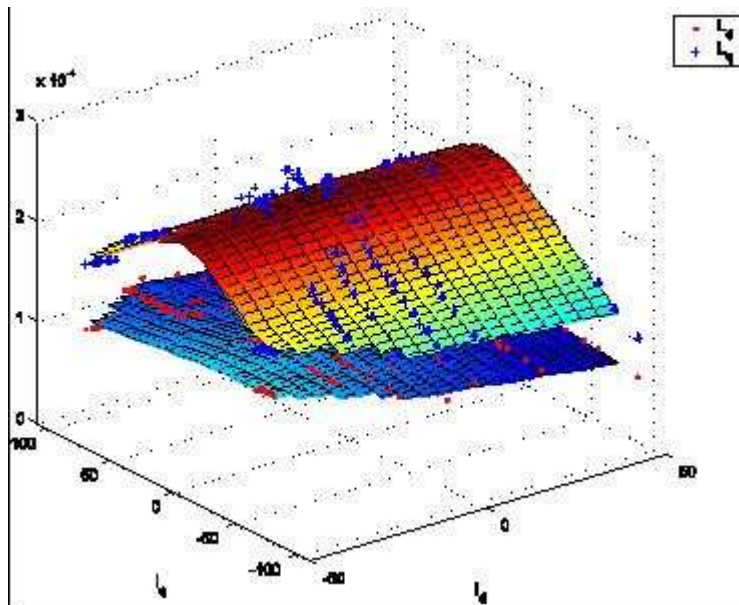


Abbildung 47: Parameterkennlinien Rotor 2 (Typ c)

Im Umrichterbetrieb (Speisung mit Batterie und Wechselrichter) ist die Permanentmagneterregte Synchronmaschine der Asynchronmaschine in Bezug auf den Wirkungsgrad grundsätzlich überlegen. Diese Überlegenheit konnte während der Messungen auch im Feldschwäcbereich gezeigt werden. Obwohl der Regelalgorithmus noch nicht ausgereift ist, kann davon ausgegangen werden, dass auch im oberen Drehzahlbereich der Wirkungsgradvorsprung der PMSM lange vorhält.

Abbildung 48 zeigt den Wirkungsgradvergleich der beiden Maschinengattungen.

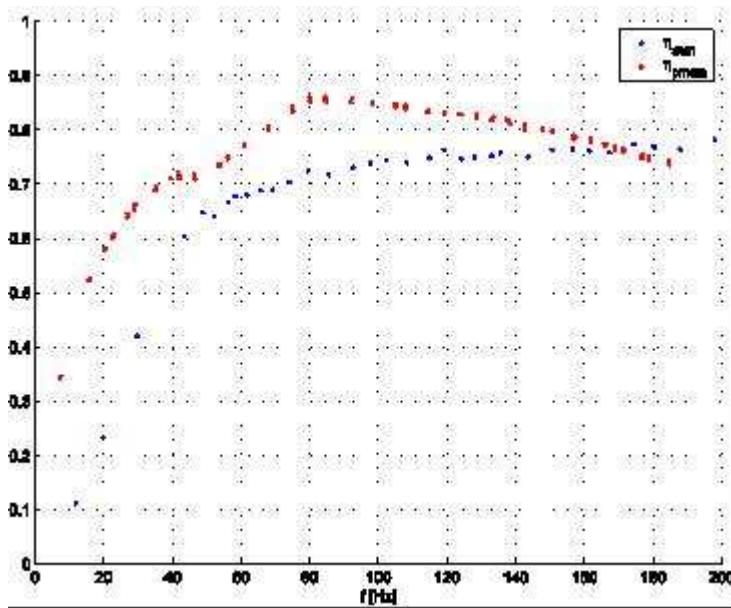


Abbildung 48: Wirkungsgradvergleich Asynchronmaschine- Synchronmaschine

Die obere Kennlinie in Abbildung 48 stellt den Wirkungsgrad der Permanentmagneterregten Synchronmaschine dar, wobei deutlich zu sehen ist, dass die geringeren Verluste dieser Motorengattung bis in hohe Drehzahlen ausgenutzt werden können.

### 7.2.8 Abschließende Bewertung

Die Permanentmagneterregte Synchronmaschine ist ebenso wie die Asynchronmaschine für den Feldschwächbetrieb geeignet. Natürlich müssen einige zusätzliche Sicherheitsaspekte in Betracht gezogen werden, die aber mit der nötigen Erfahrung und mit moderner Regelungstechnik technisch realisierbar sind. Im Elektrofahrzeug hat sich der Antrieb grundsätzlich bewährt, wobei die Software durchaus noch zu verbessern ist und damit ein weiterer Wirkungsgradzuwachs einhergehen sollte. Abbildung 49 zeigt das Elektrofahrzeug (im Vordergrund), welches für die Fahrtests umgerüstet worden ist.



Abbildung 49: Die Anwendung im Elektrofahrzeug

### 7.2.9 Literaturverzeichnis:

- [1] Betriebsverhalten von permanentmagnet-erregten, feldschwächbaren Synchronmaschinen Dissertation, Dipl.-Ing. Werner Mühlegger, Juni 1991, TU-Graz
- [2] Synchronous machines with inset surface Nd- Fe-B Magnets, BJ Chalmers, R. Akmese, © 1999 Elsevier Science B.V.. *Journalism of Magnetism and Magnetic Materials*
- [3] Grundlage der Maschinenberechnung am Beispiel einer permanentmagnet-erregten Synchronmaschine mit Luftspaltnagneten, Volker Bosch, Sommer 1999
- [4] Bemessung der permanenterregten Synchronmaschine und der Einsatz in der Antriebstechnik, Dissertation, Dipl.-Ing. Franz Aschenbrenner, MUL
- [5] Klöckl, B.: *Measurement Based Parameter Determination of Permanent Magnet Synchronous Machines*, Diploma Thesis, Graz University of Technology 2001
- [6] A.Thaler , B.Klöckl: A consistent mathematical model of the PMSM using the ficticious field current EPE PEMC 2002 – Cavtat Dubrovnik
- [7] A.Thaler , B.Klöckl: Measurement results using the ficticious field-current model for PMSM, EPE 2003 – Toulouse
- [8] T.A.Lipo, R.Schiferl: Power Capability of Salient Pole Permanent Magnet Synchronous Motors in Variable Speed Drive Applications – IEEE Transactions on industry applications
- [9] A.Thaler: Optimizing PMSM for high torque and fieldweakening mode, EPE PEMC 2004 – Riga, Latvia