

# SWICEL : Swiss Cabriolet Electric

Autor(en): **Toggweiler, P.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association Suisse des Electriciens, de l'Association des Entreprises électriques suisses**

Band (Jahr): **77 (1986)**

Heft 16

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-904246>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# SWICEL: Swiss Cabriolet Electric

P. Toggweiler

**Im Projekt SWICEL, das von vier schweizerischen Firmen und zwei Ämtern getragen wird, wurde als Prototyp ein Klein-Elektroauto gebaut. Die damit gewonnenen Erfahrungen ermöglichen eine fundierte und gezielte Weiterentwicklung. Die bisherigen Resultate sind sehr erfreulich und einer positiven Projektfortsetzung steht nichts im Wege.**

**Un prototype de petite voiture électrique a été construit dans le cadre du projet SWICEL, financé par 4 sociétés suisses et 2 administrations. Les expériences ainsi acquises permettent de poursuivre la recherche de manière précise et approfondie. Les résultats actuels sont fort réjouissants et rien ne s'oppose à l'évolution positive de ce projet.**

## 1. Einleitung

Seit rund 15 Jahren wird auf dem Gebiet Elektroauto wieder vermehrt geforscht und entwickelt. Es sind weltweit zahlreiche Studien gemacht, Pilotfahrzeuge gebaut, Batterien entwickelt und vieles gebastelt worden. Bis jetzt wurden leider keine durchschlagenden Erfolge erzielt. Einige Gründe dafür sind:

- Meist wurde angestrebt, das Elektroauto als *Ersatz* für das heutige Benzinauto anzubieten. Bei dem gegenwärtigen Stand der Technologie scheint es sinnvoller, das Elektroauto als *Ergänzung* zum gewöhnlichen Auto zu benützen. Es genügt dann auch eine kleinere Reichweite und geringere Maximalgeschwindigkeit.
- Bisher wurden für Versuchsaufbauten meist konventionelle Chassis aus Stahl verwendet. Ein Elektroauto sollte in Leichtbauweise gefertigt sein, damit trotz den relativ schweren Batterien ein niedriges Gesamtgewicht erreicht wird.
- Verschiedene Typen von Elektrofahrzeugen sind heute auf dem Markt erhältlich. Sie kosten aber durchwegs bedeutend mehr als ein vergleichbares Benzinauto. Wegen des hohen Preises können nur kleine Stückzahlen abgesetzt werden. Klei-

nere Stückzahlen sind wiederum ein Grund für hohe Gestehungskosten.

Basierend auf diesen schlechten Erfahrungen hat nun ein Umdenken stattgefunden. Das in naher Zukunft erfolversprechende Elektroauto soll klein, leicht, aerodynamisch optimiert und billig sein. Ein anspruchsvoller Forderungskatalog, welcher jedoch mit guter Technik erfüllt werden kann.

## 2. Das Projekt SWICEL

Die Idee zu dem Projekt Swiss Cabriolet Electric (SWICEL) entstand Ende 1984. Damals wurde man sich des in der Einleitung erwähnten Dilemmas bewusst und man beschloss, ein Projekt für die Entwicklung eines elektrisch angetriebenen Nahverkehrsfahrzeuges zu starten. Motivierend wirkten vier Umstände:

- Das mittel- bis langfristige Marktpotential für ein Pendlerfahrzeug ist sehr gross und dementsprechend auch das Ertragspotential. Der Individualverkehr hat und wird weiterhin grosse Umsatzzahlen haben.
- Durch die Anwendung moderner Technologien (Leichtbau, Elektronik, Fertigungsautomaten) kann in der Schweiz die gute Beschäftigungslage erhalten bleiben.

*Das Projekt SWICEL wird von vier Firmen und zwei Ämtern getragen:*

Accumulatorenfabrik Oerlikon:	Batterien und Ladegerät
Eidg. Flugzeugwerke:	Beratung im Leichtbau und in der Aerodynamik
Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG:	Gesamtplanung, Antriebstechnik
ZBR-Automobile:	Fahrzeugtechnik, Montage
Bundesamt für Bildung und Wissenschaft, Bern: Amt für technische Anlagen und Lufthygiene des Kantons Zürich:	} Finanzielle und beratende Unterstützung

### Adresse des Autors

Peter Toggweiler, El.-Ing. HTL,  
Elektrowatt Ingenieurunternehmung AG,  
Bellerivestr. 36, 8022 Zürich



Fig. 1 SWICEL bei schönem Wetter

- Die Emission von Lärm, Schmutz und Abgasen reduziert sich um ein Vielfaches. Die Lebensqualität in der Stadt und in den Agglomerationen verbessert sich in verschiedener Hinsicht.
  - Energieeinsparung: Das Elektrofahrzeug benötigt etwa 5- bis 10mal weniger Energie als ein herkömmliches Auto.
- Im Sommer 1985 wurde der Zusammenarbeitsvertrag unterzeichnet und mit den Planungsarbeiten begonnen. Das Projekt wurde vorerst in drei Phasen aufgeteilt.

● **Phase 1**

Diese Phase sieht vor, den Stand der Technik und die zukünftigen Möglichkeiten genau zu erfassen. Dazu wurde ein Pilotfahrzeug (Fig. 1 und 2) aus bestehenden Komponenten zusammengebaut und im realen Gebrauch getestet. Dieses Fahrzeug dient als Referenz und Grundlage für die theoretischen Arbeiten in Phase 1. Dazu sind in Bearbeitung:

- Experimentationsbericht zum Betrieb und Unterhalt des Fahrzeugs
- Basierend auf den Bau- und Betriebserfahrungen soll das Verbesserungspotential theoretisch bestimmt werden; dabei geht es in erster Linie um die Verbesserung der Aerodynamik sowie des Fahrzeuggewichtes.
- Analyse der Herstellungskosten für das Pilotfahrzeug und Extrapolation auf eine Serienfabrikation
- Erfahrungsaustausch im Rahmen des COST 302 (COST 302 = europäisches Forschungsprojekt für das Elektrofahrzeug)

- Festlegung der Rahmenbedingungen für eine Serienfabrikation

● **Phase 2**

- Ausarbeitung der definitiven Fahrzeugkonstruktion aufgrund der Erfahrungen aus Phase 1
- Bau weiterer Prototypen
- Finanzierung der Fabrikation regeln
- Fabrikationseinrichtung planen
- Vermarktung einleiten
- Verträge mit Unterlieferanten usw.

● **Phase 3**

- Fabrikationswerk bauen und ausrüsten
- Serienfabrikation
- Verkauf
- Weiterentwicklung

### 3. Das Versuchsfahrzeug

Mit relativ bescheidenen Mitteln wurde ein Versuchsfahrzeug (Fig. 1 und 2, Tab. I) aufgebaut, welches in

der Mechanik einem konventionellen Fahrzeug noch ähnlich, dessen elektrischer Teil jedoch schon weitgehend optimiert ist. Das Versuchsfahrzeug dient in erster Linie dem Sammeln von praktischen Erfahrungen beim Bau und Betrieb eines solchen Autos. Das Fahrzeug entspricht im Grundaufbau dem Typ STREGA von der ZBR-Automobile.

Die **Antriebsbatterie** konnte unterhalb des Fahrzeugbodens eingebaut werden, ohne dass gegenüber der Dieselsonne das Platzangebot eingeschränkt wurde. Es sind zehn 12-V-Module vom Typ 6MT70-50 eingebaut. Der Aufbau der +plus oerlikon MT Antriebsmodule erfolgt in Gitterplattentechnik. Die Anzahl und Dicke der Platten sind so aufeinander abgestimmt, dass Energieinhalt, Leistung und Lebensdauer gleichermaßen ein Optimum erreichen. Durch spezielle, neu entwickelte Separatoren werden innere Kurzschlüsse und die Abschlämmung der Platten wirksam verhindert.

Der **Motor** ist ein robuster Permanentmagnetmotor mit einem Wirkungsgrad zwischen 85 bis 90%. Gegenüber einem Motor mit Erregerwicklung ist der Wirkungsgrad höher, die Ansteuerung einfacher und der Motor kleiner und leichter.

Der Stromfluss zum Motor wird über einen transistorisierten Gleichstromsteller geregelt. Der Strom und damit auch das Motorendrehmoment ist proportional zur Stellung des Gashebels. Die Elektronik überwacht den Maximalstrom, um den Motor vor unzulässigem Betrieb zu schützen. Die Bremsenergie kann in die Batterien zurückspeisen werden.

Die Ladung der Antriebsbatterie erfolgt mit einem Gleichrichter vom Typ TEBS 120-8 aus der Serie COMPACTRAC. An einer 220-V-Steckdose angeschlossen, lädt das Gerät die An-

Fig. 2 SWICEL bei Regenwetter



Chassis:	Stahlkonstruktion, hinten Starrachse, vorne Einzelradaufhängung	
Karosserie:	Faserverstärkter Kunststoff mit demontierbarem Stoffdach	
Getriebe:	Synchronisiertes Standardgetriebe mit vier Vorwärts- und einem Rückwärtsgang	
Motor:	Permanentmagnetmotor Typ ISOFLUX 445	
	Drehzahl:	3000 U/min
	Drehmoment:	
	- dauernd:	24 Nm
- Spitze:	40 Nm	
Leistung:		
	- dauernd:	7 kW (9,5 PS)
	- Spitze:	12 kW (16 PS)
Reichweite pro Batterieladung:	50 km	bei $v = 50 \text{ km/h}$ (konstant) und $20 \text{ }^\circ\text{C}$ Lufttemperatur (geplant ist eine Verbesserung auf 80 km)
Geschwindigkeit:	zurzeit:	50 bis 65 km/h
	später:	80 km/h
Steigfähigkeit:	18%	

triebsbatterien in 8 Stunden wieder voll auf. Die Ladegleichrichter der Typenreihe COMPATRAC haben sich im Einsatz bei industriellen Elektrofahrzeugen seit Jahren bewährt. Die angewendete Technologie, eingeführt im Jahre 1980, ist nach wie vor an der Spitze, insbesondere bezüglich Sicherheit, Robustheit und einfacher Wartung.

#### 4. Messdatenerfassung im Fahrzeug und bisherige Betriebserfahrungen

Die Messpunkte im Fahrzeug sind in Figur 3 und 4 ersichtlich. Im Fahrzeug registriert ein Kleindatenlogger ständig die Kanäle 1, 2 und 5. Der kWh-Zähler vor dem Ladegerät wird nach jeder Ladung abgelesen.

Das Versuchsfahrzeug wird im realen Gebrauch als Familienzweitwagen getestet. In den Monaten April, Mai und Juni 1986 wurden rund 1000 km zurückgelegt. Das Anwendungsspektrum der Fahrten ist sehr breit:

- Weg zur Arbeit
- Einkaufen
- Sonntagsausflüge
- Besuche aller Art
- Taxidienste

Bisher gab es keine schwerwiegenden Störungen. Zweimal waren es falsch dimensionierte Sicherungen in der Motorensteuerung, die zum Stillstand inmitten des Verkehrs führten, und einmal war es ein Defekt am Getriebe. Sonst läuft das Fahrzeug problemlos und gemäss den Erwartungen. Innerorts fügt sich das SWICEL gut in den übrigen Verkehr ein. Ausserorts ist es wegen der noch zu tiefen Maximal-

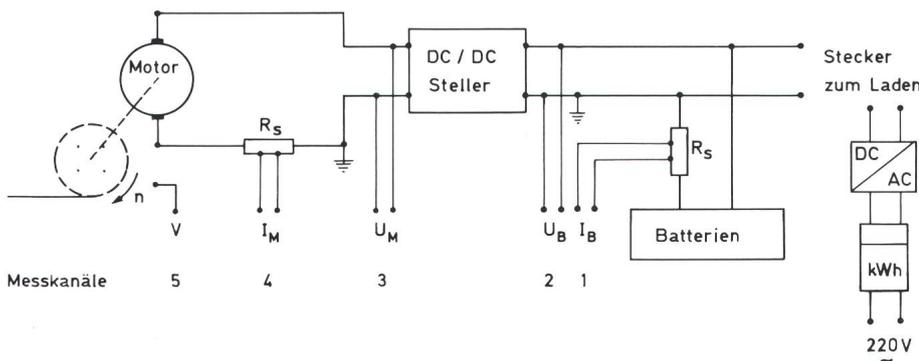


Fig. 3 Messtechnische Ausrüstung im Elektrofahrzeug SWICEL

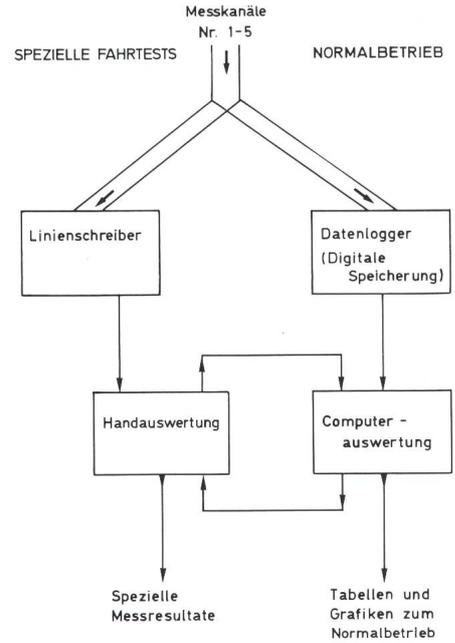


Fig. 4 Datenaufnahme und -verarbeitung während des Normal- und des Testbetriebs

geschwindigkeit langsam und wird häufig überholt, besonders auch am Berg.

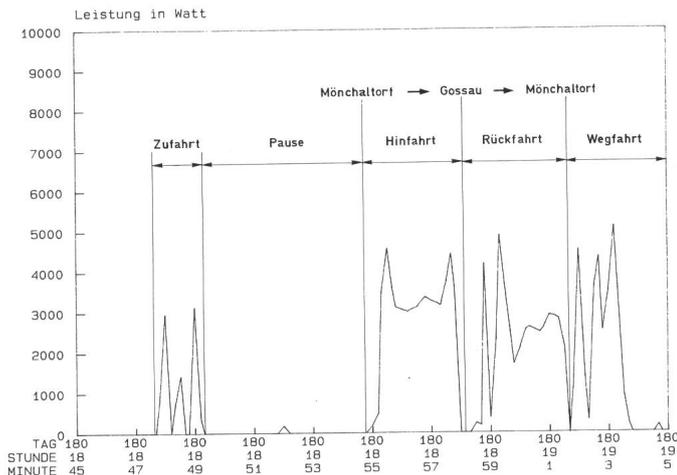
Das Überholen des SWICEL bietet keine Schwierigkeiten, weil das Fahrzeug klein ist und somit dem anderen Verkehrsteilnehmer die Sicht auf die Strasse frei lässt. In Zukunft dürfte auch die Integration in den Verkehrsfluss im Überlandverkehr möglich sein. Dagegen wird bei Bergfahrten das Elektrofahrzeug vorläufig noch etwas langsamer bleiben. Technisch wäre es zwar möglich, grössere Motoren einzubauen, ob es hingegen wirtschaftlich vertretbar ist, bleibt mehr als fraglich.

#### 5. Energieverbrauch

Beim Energieverbrauch von Elektrofahrzeugen muss unterschieden werden zwischen dem Bezug von der Antriebsbatterie und der Energie zum Wiederaufladen.

##### 5.1 Fahrenergie ab Batterie

Bei einer Geschwindigkeit von 50 km/h benötigt der Motor eingangsseitig eine Leistung von rund 3 kW. Figur 5 zeigt die Aufzeichnungen während einer kurzen Testfahrt. Es fällt auf, dass bei Geschwindigkeiten um 50 km/h der Motor nicht ausgelastet ist. Figur 6 verdeutlicht diesen Umstand noch; Es sind darin die 15-Sekunden-Mittelwerte aufgezeichnet von der gleichen Fahrstrecke wie in Figur 5.



**Fig. 5**  
Aufzeichnung der Motoreingangsleistung während einer Testfahrt (15''-Mittelwert)

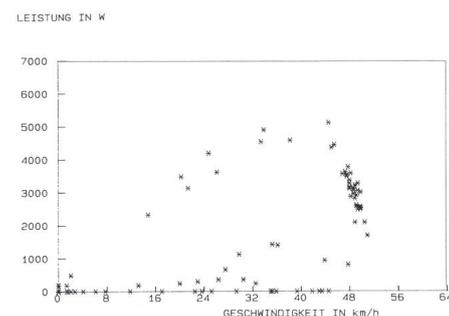
Die Geschwindigkeit ist vorläufig auf 50–60 km/h begrenzt. Für höhere Geschwindigkeiten soll zuerst die Karosserie aerodynamisch verbessert werden.

Eine grobe Angabe zum Ampèrestunden-Wirkungsgrad beim normalen Betrieb liefert Figur 7. Sie zeigt zwei Ladephasen und zwei Fahrten hintereinander. Während der Fahrt zwischen 9.45 Uhr und 10.15 Uhr wurden rund 8,1 Ah verbraucht. Nach einer Ladezeit von zwei Stunden und 11 Minuten war die Batterie wieder auf dem gleichen Zustand wie zu Beginn der Fahrt. Dabei wurden 12 Ah hineingeladen, woraus ein Ah-Wirkungsgrad von 0,7 resultiert.

Zur Ergänzung: Für die Hinfahrt wurden 0,92 kWh verbraucht, für die Rückfahrt waren es 1,2 kWh. Die Höhendifferenz beträgt netto 30 m und die Strecke misst gesamthaft etwa 38 km.

### 5.2 Energie ab 220-V-Netz

Bei der gegenwärtigen Ladetechnik beträgt der Energiebezug ab Netz etwa das 3fache dessen, was das Fahrzeug ab seiner Batterie verbraucht. Hauptverantwortlich dafür ist nicht der schlechte Wirkungsgrad der Batterie,



**Fig. 6** Leistung in Funktion der Geschwindigkeit, 15''-Mittelwerte der gleichen Testfahrt wie in Figur 5

sondern der des Ladegerätes. Dieses ist in robuster und zuverlässiger Thyristortechnologie gebaut, ohne spezielle Berücksichtigung des Wirkungsgrades. Ebenso ist das angewendete Ladeverfahren (W-Kennlinie) bezüglich Wirkungsgrad relativ ungünstig. Ein IUI-Lader mit einer verbesserten Elektronik hat einen wesentlich besseren Wirkungsgrad. Beim vorgesehenen IUI-Lader dürfte das Verhältnis des Verbrauchs ab Netz zu dem ab Batterie etwa den Faktor 2 erreichen.

## 6. Verbesserungspotential

In einer Studie sollen bis Ende dieses Jahres die Optimierungsmöglichkeiten am Fahrzeug untersucht werden. Es sind folgende Arbeiten im Gange:

### ● Fahrzeug:

Es wird geprüft, ob anstelle eines Stahlrahmens eine Leichtbaukonstruktion möglich ist. Die hintere Starrachse entfällt zugunsten einer Einzerradaufhängung. Damit wird es möglich, die Batterien in einem Block ein-

zubauen. Das wichtigste Änderungsobjekt ist die Karosserie. Diese hat gegenwärtig einen  $c_w$ -Wert von etwa 0,7–0,8. Es wird eine Verbesserung auf 0,3–0,4 angestrebt. Dabei wird die Form eines Jeeps verlorengehen. Hingegen will man versuchen, weiterhin beim Cabriolet zu bleiben.

### ● Antrieb:

Das in letzter Zeit bekanntgewordene Antriebskonzept mit zwei separaten Motoren auf die beiden Hinterräder dürfte in diesem Fall wegen der hohen Kosten kaum Anwendung finden. Es steht noch zur Diskussion, einen bürstenlosen Motor mit rotierenden Permanentmagneten zu verwenden, wobei auch hier der Preis das Hauptproblem sein dürfte.

### ● Batterien:

Die im Prototyp eingesetzten Batterien sind auf ein derartiges Fahrzeug zugeschnitten. Zur Verlängerung des Wartungsintervalles von 1000 auf 5000 km werden Rekombinatoren aufgesetzt. SWICEL soll in den nächsten Jahren mit Bleibatterien ausgerüstet werden. Der Wechsel auf eine neue Batterieart kann erst dann vollzogen werden, wenn diese technisch und wirtschaftlich überlegen ist.

### ● Ladegerät:

Das Ladegerät wird weiterentwickelt. Das Ziel ist ein kleines, kompaktes Gerät mit hohem Wirkungsgrad, das im Fahrzeug fest eingebaut ist. In nächster Frist ist dieses Ziel kaum erreichbar. Als Zwischenlösung verwendet man einen IUI-Lader, der so handlich gebaut ist, dass man diesen als Gepäckstück mitnehmen kann, sofern eine Zwischenladung notwendig ist.

**Fig. 7**  
Verlauf der Batteriespannung während Fahren und Laden

