

**Zeitschrift:** Bulletin Electrosuisse  
**Herausgeber:** Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik  
**Band:** 112 (2021)  
**Heft:** 3

**Artikel:** "The winner takes it all"  
**Autor:** Muntwyler, Urs  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-977529>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

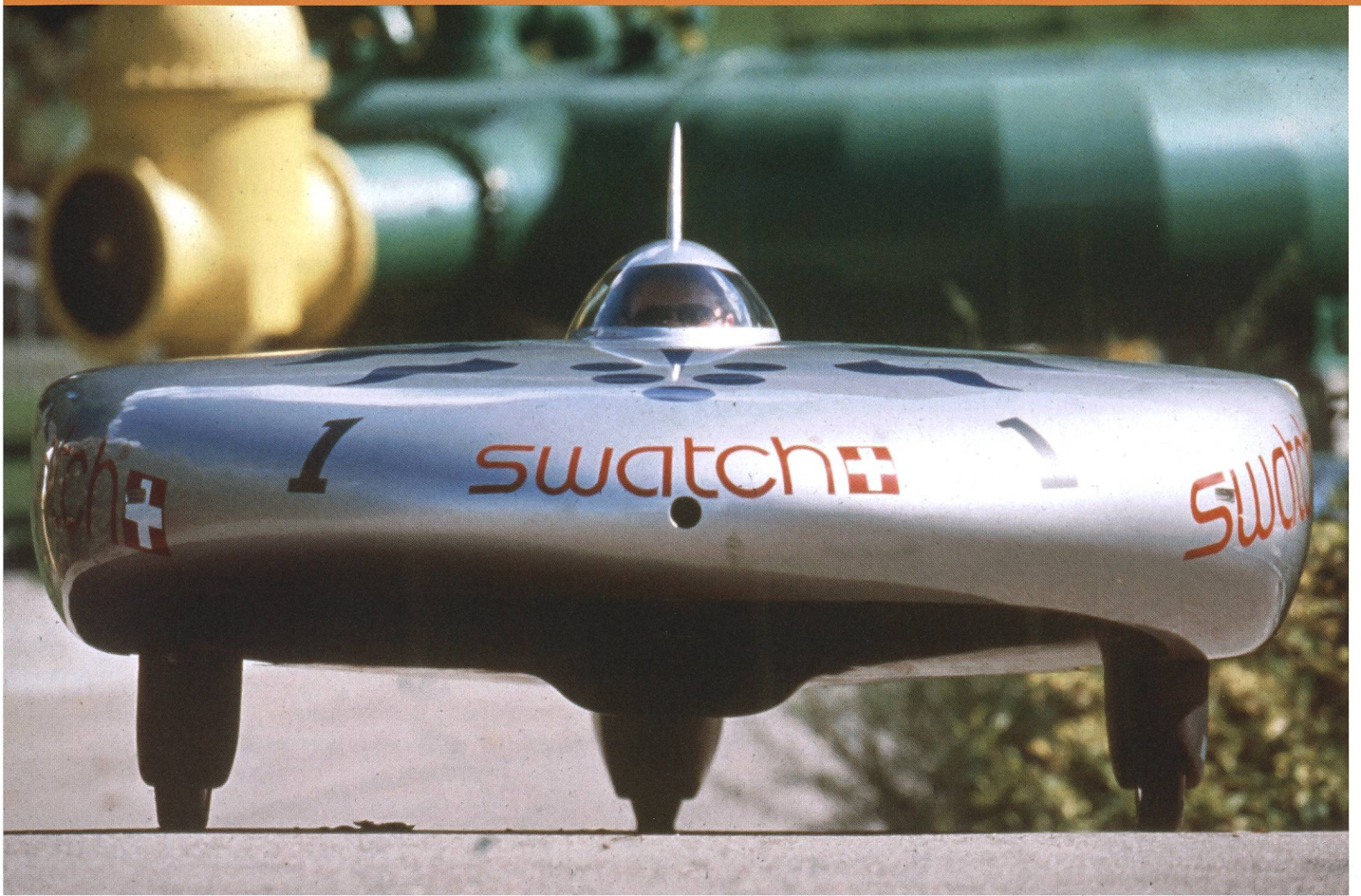
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 29.03.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



Die Spirit of Biel/Bienne II der damaligen Ingenieurschule Biel im Jahr 1993.

## «The winner takes it all»

**Elektromobilität** | «Das Elektroauto - zu teuer - zu leistungsschwach», erklärte 2011 ein ETH-Professor im «Magazin» und fand den Verbrennungsmotor in absehbarer Zeit unschlagbar. Da war es aber schon zu spät: Der Unternehmer Elon Musk war dabei, die Auto- und einige andere Welten mit seinen Elektroautos auf den Kopf zu stellen. Seither läuft nichts mehr wie geplant.

URS MUNTWYLER

Seitdem die Pferdekutschen motorisiert wurden, ist die Frage des Antriebes interessant. Waren um 1900 Dampf-, Elektro- und Benzinfahrzeuge noch ernsthafte Konkurrenten, machte dank dem elektrischen Anlasser und der Erdölförderung bald der Verbrennungsmotor das Rennen. Das Elektroauto hat zwar seither verschiedentlich eine Renaissance erlebt, jedoch war keine von Dauer. Nach der sogenannten Energiekrise von 1974 wagten sich einige Klein-Elektrofahrzeuge wie der Zagato Zele (I) oder der Sebring Vanguard (USA) auf die Strasse und verschwanden bald wieder. In Bern baute der Radiopionier Matthias Lau-

terburg seinen elektrischen Zagato Zele ab 1979 mit vier Photovoltaikmodulen zu einer Art Solarmobil um. Das Fahrzeug diente dann als Werbeträger für die «Tour de Sol 85», das erste Solarmobilrennen der Welt. Dieses hatte in der damaligen Ingenieurschule Biel einen fast zehnjährigen Effort im Bau von Solarmobilen für Rennen und von Leicht-Elektromobil-Antrieben zur Folge. Auf der Strasse waren der dänische Mini-el und bis heute das dreirädrige Twike des Gelterkindener Erfinders Ralph Schnyder zu sehen.

Von ganz anderen Dimensionen war 1990 der «Zero Emission Act» in Kalifornien. Dieses Gesetz forderte bis

1998 mindestens 2% emissionsfreie Fahrzeuge, also Elektroautos. Dank tüchtigen Anwälten und politischem Lobbying konnte dieses «Problem» aus der amerikanischen Welt geschafft bzw. das Gesetz rückgängig gemacht werden. Damit war die Bühne frei für französische und japanische Autohersteller. Erstere bauten mithilfe der Nickel-Cadmium-Akkus von Saft passable Elektrofahrzeuge, allerdings nur mit einer lamentablen Reichweite von 100 km. Die Japaner, allen voran Toyota, setzten aufgrund des Kohlestroms auf eine Verbesserung des Benzinmotors und entwickelten den Prius mit Parallelhybridantrieb.



## Den Tesla hatte niemand auf dem Radar

Mit dem von der Autoindustrie unabhängigen Unternehmer Elon Musk und dessen Tesla erhielt das Elektroauto eine neue Chance. Musk ergriff die Chancen der digitalen Wirtschaft und nutzte das Know-how aus den 1990er-Jahren im Bau von effizienten Elektroantrieben in Kalifornien. Gleichzeitig implodierte das Geschäftsmodell der Autobranche, die Abgaswerte der Verbrennungsfahrzeuge zu manipulieren. Wegen der neuen Flottengrenzwerte von 95 g CO<sub>2</sub>/km für Personenwagen in der EU und der E-Mobil-Quote in China muss heute plötzlich jeder Autohersteller E-Antriebe im Sortiment haben. Alternative Antriebsvarianten wie Erdgas, Wasserstoff und synthetische Triebstoffe sind unter Druck und drohen zu verschwinden. Dazu der VW-Entwicklungschef Frank Welsch: «Wenn wir die Mobilitätswende und die Umweltziele ernst nehmen, müssen wir uns auf den batterieelektrischen Antrieb konzentrieren. Alles andere ist Verschwendung der begrenzten regenerativen Energie.»

## Fokussierte Forschung im Vorteil

Das sind keine guten Nachrichten für Forschende und Forschungsinstitute, die alle Antriebsarten beüben, dies unter dem schönen Begriff der Technologieoffenheit. Aber «einfach, günstig, effizient» gewinnt – also der Elektroantrieb. Der fokussierte Spezialist ist gegenüber dem Generalisten im Vorteil, wenn es um Spitzenleistungen geht. Oder wie es bei der schwedischen Musikgruppe ABBA heisst: «The Winner Takes It All!» Alles ausser «Elektro» wandert ins Museum oder in die Nische.

## Der Übergang braucht Zeit

Die alte Branche wird sich noch eine Weile wehren und das Elektroauto schlechtreden. So hören wir plötzlich kritische Diskussionen über Batterien, Recycling, Lithium und anderes mehr. Bei den Verbrennern hatten solche Diskussionen Seltenheitswert. Wer will schon Genaueres über die Menschenrechtssituation in Saudi-Arabien oder die Förderung von Rohöl wissen? Kommt dazu, dass die Industrie heute noch nicht in der Lage ist, Komponenten wie Batterien, Leistungselektronik und Motoren in der nötigen Stückzahl



Der Solarcarport der BFH-TI in Burgdorf.

herzustellen. Auch bringen die Bildungsinstitutionen nicht genügend Spezialisten für die E-Mobilität hervor. Der Wechsel wird also noch einige Jahre dauern, speziell in der Schweiz, wo die beharrenden Kräfte besonders gut organisiert sind. Das zeigt sich auch bei uns an der BFH, wo sich bei den Solarcarports von Bern, Biel und Burgdorf doch noch einige Unterschiede feststellen lassen.

## Gute Nachrichten für die anderen

Schlechte Nachrichten für die einen sind gute Nachrichten für die anderen. Elektrizitätswerke sind nun auch Lieferanten für die Energie der individuellen Mobilität. Sie könnten dieses Geschäft koppeln, indem Elektroautos als mobile Stromspeicher ins Netz integriert werden. Gute Nachrichten gibt es auch für Umwelt und Klima. Die Grenzwerte für Luftschadstoffe können in Zukunft dank den E-Antrieben eingehalten werden, der CO<sub>2</sub>-Ausstoss geht zurück, weil der Strom aus Wasser, Sonne und Wind produziert wird. Die Kosten in Milliardenhöhe für den Import von Treibstoffen fallen weg. Das heisst aber auch, dass die Finanzierung der Strassen neu gedacht werden muss. Das führt zu einem interessanten Fazit: Das Autofahren wird günstiger! E-Mobile kosten bald weniger als Benziner. Im Betrieb sind sie schon heute viel günstiger. Ob das zu einer Zunahme

von Fahrzeugen und Fahrten führt, muss sich zeigen. Denn E-Mobil-Fahren braucht etwas mehr Planung und bedingt eine ausgebaute Ladeinfrastruktur. Setzt sich der Trend zum Mobilitätsverbund durch, könnte das Auto gar an Attraktivität verlieren.

## Der zusätzliche Strom kommt aus der Photovoltaik

In der Schweiz wird der zusätzlich benötigte Strom (ca. 20 % mehr) hauptsächlich aus der Photovoltaik kommen. Für weniger als 5000 CHF ist eine eigene PV-Anlage mit 2,5 kW Nennleistung auf einer Fläche von 12–15 m<sup>2</sup> zu haben. Sie liefert während 30 Jahren genügend Strom, um ein Elektrofahrzeug zu laden. Damit ist der Traum der «Tour de Sol»-Initianten wahr geworden, nämlich «mit Sonne herumzufahren». Einzig die grossen und schweren Fahrzeuge haben sie sich unter «Solarmobil» so nicht vorgestellt. Da haben unsere jungen Ingenieurinnen und Ingenieure in den nächsten Jahrzehnten noch viel Optimierungsarbeit und damit eine Menge Spass vor sich!

### Links

- Institut für Energie- und Mobilitätsforschung IEM: [www.bfh.ch/iem](http://www.bfh.ch/iem)
- BFH-Zentrum Energiespeicherung: [www.bfh.ch/energy](http://www.bfh.ch/energy)

### Autor

- Prof. Urs Muntwyler ist Leiter des Labors für PV-Systeme.
- BFH, 3400 Burgdorf
- [urs.muntwyler@bfh.ch](mailto:urs.muntwyler@bfh.ch)

Erstpublikation in Spirit Biel/Bienne, 02/2020, [spirit.bfh.ch](http://spirit.bfh.ch)





Le Spirit of Biel/Bienne II de l'ancienne École d'ingénieurs de Bienne, en 1993.

## «The winner takes it all»

**Mobilité électrique** | «La voiture électrique? Trop chère, pas assez puissante», expliquait en 2011 un professeur de l'EPFZ dans la revue alémanique *Magazin*. Selon lui, le moteur à explosion était imbattable dans un avenir prévisible. Or, il était déjà trop tard: Elon Musk était sur le point de révolutionner le monde de l'automobile avec ses voitures électriques. Depuis, plus rien ne se passe comme prévu.

URS MUNTWYLER

**D**epuis que la diligence a été motorisée, la question de son mode de propulsion n'a cessé de susciter l'intérêt. Alors que les véhicules électriques, à vapeur et à essence se livraient encore une compétition acharnée en 1900, le démarreur électrique et l'exploitation pétrolière ont rapidement donné un avantage considérable au moteur à explosion. Bien que le moteur électrique ait vécu diverses renaissances dans l'intervalle, celles-ci ont toujours fait long feu. Après la «crise énergétique» de 1974, quelques petits fabricants tels que Zagato Zele (Italie) ou Sebring Vanguard (États-Unis) se sont risqués sur les routes avec leurs véhicules électriques, pour disparaître à nouveau peu après. À Berne, à

partir de 1979, le pionnier de la radio Matthias Lauterburg équipait sa Zagato Zele de quatre modules photovoltaïques (PV) pour en faire un genre de voiture solaire, qui servit ensuite de véhicule publicitaire pour le «Tour de Sol 85», la première course automobile solaire du monde. À l'époque, cette compétition avait donné naissance, au sein de l'École d'ingénieurs de Bienne, à 10 ans d'efforts consacrés à la construction de véhicules solaires de course, ainsi qu'au développement de moteurs pour véhicules électriques légers. Sur les routes, on apercevait la Mini-el danoise, de même que la Twike à trois roues inventée par Ralph Schnyder de Gelterkinden (BS), que l'on voit encore aujourd'hui.

La «Zero Emission Act» adoptée par la Californie en 1990 était d'une tout autre dimension. Cette loi exigeait que la proportion de véhicules sans émissions – donc électriques – atteigne au moins 2% en 1998. Grâce au lobbying politique et à des avocats avertis, ce «problème» a pu être éliminé de la vie des Américains: la loi a été suspendue, ce qui a ouvert la voie aux constructeurs français et japonais. Les premiers ont construit des véhicules pas trop mauvais avec les accumulateurs nickel-cadmium du fabricant Saft, mais l'autonomie de ceux-ci était lamentable: elle ne dépassait pas 100 km. Quant aux Japonais, Toyota en tête, ils ont misé sur une amélioration du moteur à essence en raison de la source utilisée pour la production

Figures: BFH



de l'électricité (le charbon) et ont développé la Prius équipée d'une propulsion hybride en parallèle.

### Personne n'a vu arriver Tesla

La voiture électrique allait bénéficier d'une nouvelle chance avec la Tesla d'Elon Musk, un entrepreneur indépendant de l'industrie automobile. Celui-ci saisit les occasions offertes par l'économie numérique et utilisa le savoir-faire disponible en Californie depuis les années 1990 pour la construction de moteurs électriques efficaces. C'est au même moment qu'implora le modèle d'affaires de la branche automobile, qui manipulait les valeurs d'émission des véhicules à combustion. De nos jours, avec les valeurs limites de 95 gCO<sub>2</sub>/km pour l'ensemble de la flotte de nouvelles voitures de tourisme dans l'UE et la proportion de véhicules électriques imposée en Chine, chaque producteur automobile doit tout à coup proposer des voitures électriques dans son assortiment. Les propulsions de substitution utilisant par exemple le gaz naturel, l'hydrogène ou des carburants synthétiques sont sous pression et risquent de disparaître. « Si nous prenons au sérieux la nouvelle mobilité et les objectifs environnementaux, il nous faut nous concentrer sur le moteur électrique à batterie », estime Frank Welsch, chef du développement chez VW. « Tout le reste n'est que dissipation de l'énergie régénérée en quantité limitée. »

### L'avantage des spécialistes

Ce n'est pas une bonne nouvelle pour les scientifiques et les instituts de recherche qui travaillent sur tous les types de moteurs, en invoquant l'ouverture technologique. Car le gagnant doit être « simple, bon marché et efficace » – ce sera donc le moteur électrique.

Le spécialiste concentré sur son sujet est avantagé par rapport au généraliste lorsque des performances de pointe sont en jeu. Ou comme le chantait le groupe suédois ABBA: « The winner takes it all! » Tout ce qui n'est pas « électrique » finira au musée ou sur des marchés de niche.

### La transition prend du temps

L'ancien secteur automobile va encore se défendre quelque temps en dénigrant la voiture électrique. C'est la raison pour laquelle nous entendons soudain des débats critiques sur les



L'ombrière photovoltaïque de la BFH-TI de Berthoud.

batteries, le recyclage, le lithium, etc. Pour le moteur à combustion, les discussions de ce type étaient plutôt rares: qui souhaite vraiment en savoir plus sur le respect des droits de la personne en Arabie saoudite ou sur l'extraction de pétrole brut en Russie?

À cela s'ajoute le fait que l'industrie n'est pas encore capable de produire en nombre suffisant les composants tels que les batteries, les moteurs ou l'électronique de puissance. Les institutions de formation ne mettent pas non plus sur le marché suffisamment de spécialistes de la mobilité électrique. La transition prendra donc encore quelques années, en particulier en Suisse, où les forces d'inertie sont particulièrement bien organisées. On le constate aussi à la BFH en comparant les ombrières PV de Berne, de Bienne et de Berthoud.

### Le malheur des uns...

Les nouvelles ne sont pas mauvaises pour tout le monde. Les centrales électriques fournissent désormais aussi de l'énergie pour la mobilité individuelle. Elles pourraient combiner leurs activités en intégrant les voitures électriques à leur réseau en tant qu'unités de stockage d'énergie mobiles.

Les nouvelles sont également positives pour l'environnement et le climat. Grâce aux motorisations électriques, les valeurs limites pour les polluants atmosphériques peuvent être respectées et les émissions de CO<sub>2</sub> diminuent, parce que l'électricité provient du soleil et du vent. Les milliards dépensés pour importer des carburants n'ont plus de raison d'être. Il faut donc aussi repenser le financement des infrastructures routières.

Cela mène à une conclusion intéressante: rouler en voiture deviendra meilleur marché! Les véhicules électriques

coûteront bientôt moins cher que les voitures à essence, alors même que leurs frais d'exploitation sont déjà inférieurs. On verra cependant si cela induit une hausse du nombre de véhicules et de trajets, puisque se déplacer en automobile électrique demande un peu plus de planification et nécessite une infrastructure de recharge étendue. Si la tendance à la mobilité combinée s'impose, la voiture pourrait même perdre en attrait.

### L'électricité supplémentaire provient du photovoltaïque

En Suisse, l'électricité supplémentaire requise (environ 20% de plus) proviendra principalement du PV. Pour moins de 5000 CHF, il est possible d'installer sur une surface de 12 à 15 m<sup>2</sup> sa propre installation PV d'une puissance nominale de 2,5 kW. Celle-ci fournira pendant 30 ans suffisamment de courant pour charger un véhicule électrique. Le rêve des initiateurs du « Tour de Sol » – se déplacer avec le soleil – est ainsi devenu réalité, même si ces personnes ne s'étaient pas imaginé que de gros véhicules lourds figureraient aussi parmi les « véhicules solaires ». Ces prochaines décennies, les jeunes ingénieurs pourront donc prendre encore beaucoup de plaisir dans leurs divers travaux d'optimisation!

#### Liens

- Institut pour la recherche sur l'énergie et la mobilité IEM: [www.bfh.ch/iem](http://www.bfh.ch/iem)
- Centre BFH Stockage d'énergie: [www.bfh.ch/energy](http://www.bfh.ch/energy)

#### Auteur

Prof. **Urs Muntwyler** est responsable du Laboratoire pour les systèmes photovoltaïques à la Haute école spécialisée bernoise (BFH).  
→ BFH, 3400 Berthoud  
→ [urs.muntwyler@bfh.ch](mailto:urs.muntwyler@bfh.ch)

Première publication dans le Spirit Biel/Bienne, 02/2020, [spirit.bfh.ch](http://spirit.bfh.ch)