

EIN NACHHALTIGES E-AUTO-LADESYSTEM

DEZENTRAL, ENERGIEEFFIZIENT UND NETZDIENLICH LADEN



Bild 1: Das schwedische Powerswap-System als Vorbild: mittels spezieller Hubwagen könnten auch Privatleute die Akkus wechseln.

Die wichtigsten Faktoren, die heute die Noch-nicht-E-Mobilisten vom Kauf eines E-Autos abhalten, sind Reichweite, Lademöglichkeiten, Ladegeschwindigkeit und die Fahrzeugkosten. Wenn auch der letzte Punkt durch die bis 2025 von der Bundesregierung ausgelobte Kaufprämie relativiert wurde und durch die kontinuierlich sinkenden Akkupreise weiter an Bedeutung verliert, so sind die übrigen Faktoren ernst zu nehmen, will man der Elektromobilität auf breiter Front zum Durchbruch verhelfen. Und dieser Durchbruch ist notwendig, weil ohne ihn eine Verkehrswende und damit die Dekarbonisierung unseres Energiesystems nicht gelingen wird: Denn mögen sich auch Antrieb, Anzahl, Form, Größe, Material etc. der vierrädrigen Individual-Fahrzeuge im Laufe der Jahrzehnte ändern – das Auto wird nicht mehr aus unserer Welt verschwinden, so sehr sich einige das auch wünschen mögen. Gerade die aktuelle Corona-Pandemie hat wieder zu einem Bedeutungs- und Nutzungszuwachs des Individualverkehrs im Vergleich zum Kollektivverkehr geführt.

Die Hinderungsfaktoren

Die drei verbleibenden o.a. Punkte, die eine schnelle Verbreitung der Elektromobilität erschweren, haben ihre jeweils eigenen Aspekte und Gewichtungen:

Die Reichweite ist zwar weitgehend, aber eben nicht nur ein psychologisches Problem („Reichweiten-Angst“). Der durchschnittliche deutsche Auto-Pendler benötigt für den täglichen Arbeitsweg hin und zurück 38 km, in der Woche also rund 200 km, wozu noch die Privatfahrten etc. am Wochenende kommen. Selbst der durchschnittliche deutsche Fern-Pendler benötigt für den täglichen Fahrweg hin und zurück gerade einmal 60 km (300 km/Woche). Bei den heute üblichen Akku-Größen (> 40 kWh) ist in beiden Fällen ein einmaliges Aufladen pro Woche meist ausreichend. Allenfalls bei Reisen ist der Normal-Nutzer auf größere Reichweiten angewiesen. Daneben gibt es aber auch alltägliche Nutzungsformen, bei denen die benötigte Reichweite für das Muster „Eine Woche fahren = einmal Laden“ zu groß ist. Als Beispiele sind hier überdurchschnittliche Fern-Pendler, Vertreter, Taxen, Kurierdienste sowie weitere Unternehmen zu nennen. Größere Akkus sind dabei nur begrenzt eine Lösung, da sie teuer sind und ihr Gewicht den Energieverbrauch beim Fahren erhöht.

Die Lademöglichkeiten werden zwar kontinuierlich ausgebaut; dennoch gibt es bestimmte Engpässe. Dies betrifft weniger die Fernstraßen als die

„Laternenparker“ in den Mehrfamilienhaus-Vierteln. Während die Masse der heutigen E-Autos im privaten Bereich an der heimischen Steckdose oder Wallbox des Ein- bis Zwei-Familienhauses oder der Wohnanlage aufgeladen wird, existiert diese Möglichkeit für die Masse der Autobesitzer in den Anwohner-Parkzonen nicht. Sie sind heute meist darauf angewiesen, sich zumindest einmal pro Woche für mehrere Stunden (z.B. bei 11 kW Ladeleistung) an eine Ladesäule zu begeben, die nicht immer in fußläufiger Entfernung von Wohnung oder Arbeitsplatz liegt. Zwar gibt es inzwischen eine Vielzahl von Ladekonzepten – von Ladelaternen bis induktives Laden¹⁾ –, aber diese werden das Problem allenfalls abmildern.

Die Erwartung an die Ladegeschwindigkeit wird vor allem durch die über Jahrzehnte gewohnte Geschwindigkeit beim Tanken (5 bis 10 Minuten) geprägt. Dabei ist die Ladegeschwindigkeit für alle, die zu Hause oder am Arbeitsplatz laden, praktisch irrelevant, da das E-Auto sowieso mehrere Stunden vor Ort ist. Hier tut es auch eine normale Steckdose oder eine 11-kW-Wallbox. Anders sieht es aus bei allen, die keine eigene Ladestelle haben (Laternenparker) oder in kurzer Zeit längere Strecken zurücklegen müssen. Hier ist ein Gleichstrom-Schnelllader ab 50 kW die erste Wahl. Doch gerade der hohe Verbrauch auf Langstrecken – z.B. auf Autobahnen mit hohen Geschwindigkeiten – führt dann bei Autos mit großen Akkus (z.B. 80 kWh) zu Ladezeiten von einer Stunde und mehr.²⁾ Dies mag für Urlaubsreisende akzeptabel sein, für Berufstätige eher weniger. Dazu kommt, dass aus Gründen der Netzkapazität die Ladegeschwindigkeiten nicht grenzenlos steigerbar sind, und häufiges Schnellladen die Alterung von Lithium-Ionen-Akkus fördert.³⁾

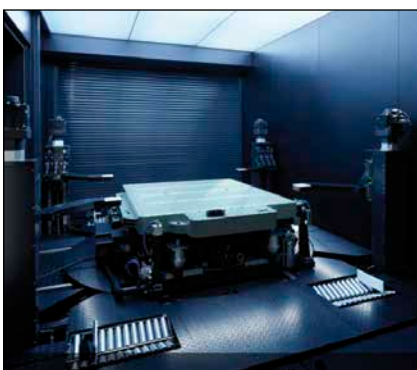
Das nachhaltige Ladesystem

Das hier vorgestellte Ladekonzept beruht auf einem Wechselakku-System. Herausnehmbare Akkus sind als Technik nicht neu. Man findet sie bei Pedelecs,



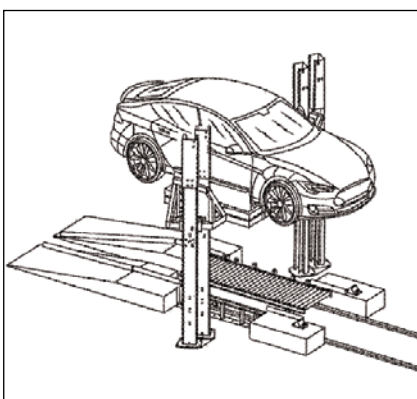
Quelle: Greely

Bild 2: Chinas Wechseltechnik: Unter den angehobenen Wagen schiebt sich von der Seite der Akkuträger



Quelle: Nio

Bild 3: Chinas Akkuwechsel-Automaten fahren den neuen Akku unter das Auto, drehen ihn und heben ihn nach oben in den Fahrzeugboden



Quelle: US-Patent US988252B2

Bild 4: Auch Tesla wollte 2015 hoch hinaus



Quelle: Wikipedia (CC BY-SA 3.0)

Bild 5: Die ersten Wechsler: Battery-Swap-Station von BetterPlace in Israel

E-Motorrollern und Leichtfahrzeugen wie dem ACM City One aus München; wegen des geringen Gewichts und der geringen Kapazität lassen sich die Speicher abends problemlos zum Aufladen in die Wohnung tragen. Bei etwas größeren Akkus wie beim Leichtfahrzeug Onyx Mio (5 kWh) reicht immerhin noch eine Art kleiner Rollkoffer.⁴⁾ Hingegen beim E-Auto ist es nach der Insolvenz des Unternehmens „Better Place“ von Shai Agassi 2013 recht still um diese Lösung geworden. Zwar gibt es immer wieder mal Konzepte,⁵⁾ und auch die chinesische Regierung fördert derzeit den Aufbau von Akku-Wechselstationen, aber bisher blieb der Durchbruch dieser Idee aus.

Im Gegensatz zu den bisherigen Wechselakku-Systemen besteht das hier erstmals vorgestellte Konzept aus kleinen Akku-Segmenten, von denen bereits ein einziges für den Fahrbetrieb ausreicht, und jedes Segment/Modul einzeln aus dem Fahrzeug herausnehmbar bzw. in dieses einsetzbar ist. Diese auf bidirektionales Laden hin ausgelegten Module sind bezüglich ihrer äußeren Maße und der technischen Anschlüsse herstellerübergreifend genormt. Alle Module sind einzeln ansteuerbar, d.h. sie können unabhängig voneinander – und auch untereinander – geladen oder entladen werden. Und sie werden in den Rahmen im Fahrzeugboden seitlich eingeschoben.

Die Leistung pro Modul soll gemäß der heutigen Leistungsfähigkeit der Lithium-Ionen-Technik 15 kWh betragen. Das ergibt ein Modul-Gewicht von ca. 100 kg. Dieses Gewicht macht es wiederum möglich, die Akku-Segmente auch im privaten oder kleingewerblichen Bereich mittels Hubwagen o.ä. leicht zu entnehmen, während konventionelle Wechselakku-Systeme speziell ausgestattete Gebäude (Better Place, Nio ES8) oder Rampen (Battswap.com) verwenden müssen.

Somit gibt es für die Akkus zwei Lager- und Anwendungs-Möglichkeiten außerhalb des Autos:

1. Der o.a. private/kleingewerbliche Bereich: Hier werden die Akkus per „Hubwagen“ entnommen, und in einem Gebäude mit Stromanschluss (Garage, Anbau etc.) verstaut. Mit der notwendigen Steuerungselektronik (400 V) können sie dort als Heimspeicher dienen. Vorteile:

+ Während heute beim Renault ZOE mit 52 kWh eine Speicher-kWh nur ca. € 156,- kostet, sind für herkömmliche Heimspeicher derzeit etwa das 8 bis 10fache zu zahlen.⁶⁾ Der E-Auto-Käufer mit Eigenheim erhält also, wenn gewünscht,

mit dem Fahrzeug zugleich einen kostengünstigen, problemlos auswechselbaren Heimspeicher.

+ Wo immer sich das Auto auch aufhält – zumindest ein Speicher-Modul ist „zu Hause“, und kann PV-Strom laden oder die Energie für Herd, Waschmaschine bzw. Handwerker-Werkstatt liefern.

2. Im energiewirtschaftlichen Bereich: Hier können Akkus an Akku-Tausch-Stationen gemietet oder für die privaten und gewerblichen Eigentümer aufbewahrt werden. Die jeweilige Übernahme/-gabe von Akkus erfolgt automatisiert an Stationen, von denen je nach Größe der Tauschstation eine oder mehrere vorhanden sind. Als Betreiber solcher Stationen kommen u.a. Fastfood-Ketten, Lebensmittel-Ketten, Möbelhäuser, Tankstellen, Taxen-Zentralen, Werkstätten in Frage, also alle Unternehmen, die über große (Frei-) Flächen verfügen. Das Geschäftsmodell hier besteht im Stromhandel:

+ In Form eines Akku-Wechsels für Privat- und Firmenkunden („Tankstelle“), wobei Kunden, die dort ihren eigenen Akku deponieren und somit ihn an den Dienstleister verleihen, Strom zum Null-Tarif oder sogar eine Vergütung erhalten können. Durch eigene PV-Anlagen auf ihren Dächern können die Dienstleister zudem den Strom günstig „einkaufen“.

+ In Form einer Netzdienstlichkeit, bei der die Akku-Tausch-Stationen auf Grund ihrer großen zur Verfügung stehenden Kapazitäten kurzfristig Stromüberschüsse des Elektrizitätsnetzes aufnehmen oder bei Ausfall von anderen Elektrizitätserzeugern Strom einspeisen, um so das Netz zu stabilisieren (Regelenergie).⁷⁾ Aber auch andere Stromhandelsformen kommen ggf. infrage.

+ Zudem ergeben sich für bestimmte Betreiber wie Fastfood-Ketten, Lebensmittel-Ketten, Möbelhäuser Mitnahmekäufe und eine erhöhte Käuferbindung. Mit einem System wie dem o.a. schwedischen Powerswap kann der Wechsel eines Akkus in deutlich unter zwei Minuten gelingen – bei mehreren Akkus entsprechend mehr. Das ist – mindestens – ebenso schnell wie ein konventioneller Tankvorgang. Zudem ist die Reichweite der Fahrzeuge durch das Wechselsystem praktisch unbegrenzt.

Die Fahrzeuge sind um die Akkus herum konstruiert: zwei Akkuschächte für zwei Akkus mit zusammen 30 kWh für Kleinwagen, Schächte für ca. 3 bis 4 Akkus für Mittelklasse-Fahrzeuge und Kleintransporter, 5 bis 6 Akkuschächte für Oberklasse-Fahrzeuge und Wohnmobile etc. Mehr als sechs Schächte sind, von Spezialfahrzeugen einmal abgesehen, weder nötig noch sinnvoll: aus



Quelle: Warnke

Bild 6: Tankstellen haben Platz: Auf den Dächern für PV, ebenerdig für Schnelllader und Akku-Wechsler, unterirdisch für Akkuspeicher – wenn die Benzintanks weg sind

Gewichtsgründen, wegen des schnellen Wechselakku-Systems und der ja weiterhin vorhandenen Ladesäulen.

Um (Akku-) Gewicht und damit Energie zu sparen, sollte die Anzahl der tatsächlich eingesetzten Module und damit die Akkukapazität immer entsprechend der geplanten Fahrstrecke ausgewählt werden – spezielle Apps helfen. Dabei gilt: Die Anzahl der Akkus soll immer so groß wie nötig und so klein wie möglich sein! Andererseits kann ein Autofahrer auch weniger oder mehr Akkus besitzen, als sein Auto aufnehmen kann – mehr z.B. als Speicher für die PV-Anlage.

Nutzungsmuster

Selbstverständlich sind durch die Wechselakku für die geplanten Fahrstrecken eine Vielzahl vor Fahrt- bzw. Lademustern möglich, insbesondere wenn man noch private Wallboxen und öffentliche Ladesäulen berücksichtigt. Daher sollen hier nur beispielhaft einige Möglichkeiten aufgezeigt werden:

+ 2-Akku-Kleinwagen, täglicher Arbeitsweg von 35 km des Mieters X: Nach drei Tagen Fahrt tauscht X bei der Tank-

stelle seinen Akku A an der Tankstelle seines Vertrauens gegen seinen zweiten, vollen Akku B aus, den X dort gelagert und für heute per App voll geladen vorbestellt hatte. Würde der Arbeitgeber von X auch E-Ladesäulen zur Verfügung stellen, oder hätte Xs Auto integrierte PV-Module, könnte der Austausch 1 bis 2 Tage später erfolgen.

+ 4-Akku-Mittelklassewagen, Eigenheimbesitzer Y aus Hamburg besucht über das Wochenende Freunde in Flensburg: Y lässt zwei Akkus als PV-Stromspeicher zu Hause, und fährt mit den beiden übrigen zu seiner Kfz-Werkstatt. Dort gibt er einen halbleeren Akku ins (Lade-) Depot, mietet drei weitere volle und fährt mit den 60 kWh nach Flensburg. Je nach Wochenend-Programm, Akku-Füllstand und Stromkosten kann er dort bei den Freunden Solarstrom tanken oder an eine öffentliche Ladesäule gehen oder ganz auf ein Laden verzichten. Zurück an der Werkstatt gibt Y die drei Akkus ab und übernimmt seinen eigenen, nun vollen Akku. Dessen Aufladen wird mit dem Akkustand der Leih-Akkus und deren Nutzungsgebühr verrechnet.

+ 6-Akku-Oberklassewagen, Unternehmer Z fährt von Bremen für einen Tag in den Frankfurter Raum und zurück (450 km pro Richtung): Z besitzt nur fünf Akkus. Zwei bleiben zu Hause als Heimspeicher, mit dreien fährt er in seine Firma, die mehrere Solar-Carports hat. Dort hängt er zwei weitere Akkus ans Firmennetz und fährt mit dem letzten Akku zu IKEA-Bremen-Brinkum, um hier auf Rat seiner App fünf voll geladene Leih-Akkus aufzunehmen. Während einer kurzen Pause an einer Autobahn-Raststätte verzichtet Z bewusst auf das mögliche Nachladen an einer Säule. Im Frankfurter Raum angekommen, fährt Z zu dem IKEA-Partner Tank & Rast, um dort die leeren Leih-Akkus gegen fünf volle austauschen zu lassen. Nach dem Geschäftstreffen nur wenige km weiter fährt er zurück zu IKEA-Bremen und gibt dort die fünf Leih-Akkus ab – Abrechnung erfolgt per App. Jetzt geht es direkt nach Hause; die Akkus aus der Firma kann er morgen noch holen.

Systemvorteile

Das hier vorgestellte Wechselakku- Gesamtsystem bietet spezifische Vorteile für die unterschiedlichsten Akteure:

Autofahrer allgemein haben keine Probleme mehr bezüglich der Reichweite, der Lademöglichkeiten und Ladegeschwindigkeit. Die Akkus halten wegen der selteneren Schnellladungen länger und die E-Autos fahren wegen der optimierten Akku-Ausstattung sparsamer. Werkstatt-Aufenthalte wegen Akkudefekten werden überflüssig. Da die Akkus während der Nutzung immer im Eigentum des Besitzers bleiben, entfällt die bei sonstigen Wechselakku-Systemen verbreitete Angst, man könnte einen guten Akku gegen einen schlechten tauschen.

Eigenheimbesitzer können ihre Akkus auch dann mit eigenem Solarstrom laden, wenn das Auto unterwegs ist. Sie



Quelle: SK-Innovation

Bild 7: Eine Wechselstation des Dienstleisters BPSE in Hangzhou



Quelle: Nio

Bild 8: Eine Station des Autobauers Nio mit der chinesischen Technik

erhalten mit dem Auto zudem einen sehr günstigen, auswechselbaren Haus-Akku (< 160,- €/kWh) mit ausreichender Speicherkapazität.

Laternenparker können ihre nicht tagtäglich benötigten Akku-Einheiten bei einem Fahrstrom-/Akkudepot-Dienstleister deponieren/vermieten, und daraus finanziellen Gewinn in Form von Geld oder günstigem Fahrstrom generieren. Ein sozialer Ausgleich zwischen Wohneigentum-Besitzern und Mietern ist damit möglich.

Kfz-Werkstätten- und Tankstellen-Betreiber können als Akkudepot-/Fahrstrom-Dienstleister Gewinne generieren, ohne zu große Anfangs-Investitionen tätigen zu müssen – immerhin wird ein Teil der Akkus im Depot leihweise von den Kunden beigesteuert. Das ist wichtig, da bei beiden Gewerben – wenn auch in unterschiedlichem Umfang – die bisherigen Geschäftsmodelle weitgehend wegfallen: E-Autos sind weniger reparatur- und wartungsbedürftig als Fossil-Fahrzeuge und benötigen keine Flüssigtreibstoffe. Beide Gewerbe haben andererseits Vorteile zu bieten: Präsenz in der Fläche und damit nahe am Nutzer; große Flächen für die Errichtung mehrerer Wechselstationen und der Einlagerung von Akkus; größere, meist freie Dachflächen für die Errichtung eigener PV-Anlagen.

Sozialpolitisch ist zudem zu bedenken, dass sowohl Werkstätten als auch Tankstellen häufig Familienbetriebe sind, an denen die Arbeitsplätze/Existenzen von ganzen Familien hängen.

(Handels-) Ketten wie z.B. Aldi, McDonalds, IKEA etc. können sich ebenfalls als Akkudepot-Dienstleister positionieren, zumal auch hier meist große Parkplätze und (PV-) Dächer vorhanden sind. Zu-

dem haben sie die Möglichkeit, an ihren Stationen Akkus zu vermieten, die nicht wieder an der selben Station abgegeben werden müssen – ähnlich wie das bei Mietwagen von großen Autovermietern (Europcar, Hertz, Sixt) bereits heute üblich ist. Die großen Ketten können zudem in den Handel mit Gebraucht-Akkus einsteigen, indem sie unbeschädigte Akkus aus Unfallwagen aufkaufen, oder solche aus Gebrauchtwagen, bei denen der Käufer die alten Akkus nicht mit übernehmen will.

Autohersteller verkaufen künftig nicht nur Autos, sondern mit den Akkus quasi auch stationäre Speicher. Durch die hohen Stückzahlen können sie die zur Herstellung benötigten Materialien billiger einkaufen. Die Wechsel-Akkus machen längere Garanzzeiten und eventuell anfallende Wartungsarbeiten unproblematisch; Weiterentwicklungen von Akkus (mehr Leistung, weniger Gewicht) können ohne Produktionsumstellungen bei den Fahrgestellen schnell implementiert werden. Die Kunden können je nach Geldbeutel ein Auto erst mit kleinem Speicher anschaffen, und dann weitere Speichermodule hinzukaufen.

Ladesäulen-Aufsteller (Charge Point Operator/CPO) können sich auf ein flächendeckendes Netz von Schnellladesäulen mit maximal 80 kW beschränken, und müssen nicht die extra gekühlten, extrem teuren 350-kW-Ultra-Schnellladesäulen errichten, die sich eh kaum refinanzieren lassen.

Stromnetz-Betreiber haben durch die vielen Akkudepot-/Fahrstrom-Dienstleister die Möglichkeit, ihre Netze bei schwankender Stromerzeugung zu stabilisieren. Durch den schnellen Zuwachs an Stromspeicherkapazitäten werden

Kohlekraftwerke als Reserve nicht mehr benötigt, und ein Kohleausstieg kann früher stattfinden.

Die Gesellschaft gewinnt dadurch nicht nur zügig die für eine Energiewende erforderlichen Speicherkapazitäten, und zwar in dezentraler, flächendeckender Form, sondern sie kann auch den Verkehrssektor als in der Energiewende bisher zurückgefallenem Segment schneller CO₂-frei machen. Der alljährliche Import von Energierohstoffen und der damit verbundene Geldabfluss entfällt.

Fazit

Das hier vorgestellte Wechselakku-System eliminiert die bisherigen tatsächlichen oder gefühlten Hindernisse für einen Umstieg auf die Elektromobilität. Der Umstieg auf dieses System ist technisch sowie ökonomisch darstellbar, und könnte noch vor 2025 beginnen. Entscheidend dafür ist das Interesse einiger großer Auto-Hersteller, das System mittels Normungs-Arbeiten und Investitionen auch umzusetzen, sowie der politische Wille der entsprechenden Regierungen, dies zu unterstützen. Allerdings müsste das relativ zeitnah geschehen. Denn auch in China ist man inzwischen an diesem Thema dran,⁸⁾ und es besteht so die Gefahr, dass die europäische Autoindustrie letztlich von chinesischen Normen/Vorgaben abhängig wird. Wer zu spät kommt, den bestraft das Leben!

Fußnoten

- 1) Siehe SONNENENERGIE 4|2018 Tankstellen der Elektromobilität, Götz Warnke
- 2) efahrer.chip.de/ladezeitenrechner
- 3) www.chemie.de/news/1165404/schnell-ladung-schaedigt-batterien-von-elektroautos.html
- 4) www.dbu.de/123artikel37638_2430.html
- 5) www.b-e-w-a-r-e.de/regionalstromsystem.de
- 6) www.finanztip.de/photovoltaik/stromspeicher
- 7) www.bundesnetzagentur.de/DE/Sachgebiete/ElektrizitaetundGas/Unternehmen_Institutionen/Verorgungssicherheit/Engpassmanagement/Regelenergie/regelenergienode.html
- 8) www.automobil-industrie.vogel.de/china-foerdert-e-autos-mit-wechselakkus-a-944042

ZUM AUTOR:

► Götz Warnke

Leiter des DGS-Fachausschusses Nachhaltige Mobilität

kontakt@warnke-verlag.de

Akku-Wechseltechniken

Das hier vorgestellte Wechsel- und Ladesystem benötigt eine **seitliche Akku-Entnahme** aus dem Auto, wie bei der Technik von Powerswap.se; daneben gibt es verschiedene Wechseltechniken:

- **Unterirdisch** wie bei BetterPlace oder dem GridSurfer-Projekt von EWE. Nachteil: teuer wegen des Bodenaushubs, privat kaum machbar.
- **Ebenerdig** entlädt das Auto den Akku in einer großen Halle, wird per Fließband zum nächsten Punkt gezogen, und lädt dort selbstständig einen Akku nach. Nachteile: großer Flächenbedarf (Halle), komplexe Greifvorrichtung im Auto.

- **Spezial-Hebebühne** wie bei den Tesla-Patenten. Nachteil: die Hebebühne muss fest verankert werden (Bodenarbeiten).
- **Rampe:** Auto steht erhöht; Akku-Entnahme bzw. -Einsetzung von unten, aber Zuführung des Akkus oberirdisch aus einem Gebäude neben der Rampe. Nachteil: Platz und Kosten für die Rampe.
- **Kombination kleine Hebebühne + kleine Rampe:** Chinas Lösung. Nachteil: hoher Technikaufwand; für Eigenheim-Besitzer wie die meisten anderen Techniken kaum umsetzbar.