

ATZ extra



ANTRIEBSSYSTEME

für die Mikromobilität vom E-Bike
bis zum leichten Elektrofahrzeug

 **AXIMO**
THE NEW MICROMOBILITY

Antriebssysteme für die Mikromobilität vom E-Bike bis zum leichten Elektrofahrzeug

© Hirschvogel

VERFASST VON



Michael Schleich

ist Vice President Corporate Development bei der Hirschvogel Group in Denklingen.



Dipl.-Ing. Ingo Valtingoier

ist Entwicklungsleiter bei der Hirschvogel E-Solutions GmbH in Baiern-Piusheim.



Andreas Heichele

ist Produktionsleiter bei der Hirschvogel E-Solutions GmbH in Kaufbeuren.

Die Auswirkungen des Klimawandels und die Verknappung von Raum, Ressourcen und Energie stellen die urbane Mobilität von morgen vor große Herausforderungen. Eine Lösung bieten elektrische Klein- und Leichtfahrzeuge. Wie Hirschvogel im Folgenden zeigt, lassen sich bei der Entwicklung robuster und kostengünstiger Antriebskomponenten für diese Anwendungen die Erfahrung und das Know-how aus der Automobilentwicklung nutzen.

Bis dato gibt es keine allgemein gültige Definition des Begriffs Mikromobilität. Oft werden damit elektrische Kleinstfahrzeuge als kleine und leichte Transportmittel zur Bewältigung der ersten oder letzten Kilometer einer Wegstrecke (der sogenannten letzte Meile) bezeichnet. Bei Hirschvogel reicht das Tätigkeitsfeld der Business Unit Mikromobilität vom elektrounterstützten Fahrrad oder Lastenrad bis hin zu Klein- und Leichtfahrzeugen der Klassen L6e oder L7e. Es gibt eine Vielzahl innovativer Ansätze und Konzepte, die das Potenzial haben, persönliche Mobilität und den Lieferverkehr der Zukunft maßgeblich zu beeinflussen [1]. Eine der

größten Herausforderungen ist hierbei die technische und industrielle Umsetzung: Der intensive Austausch mit Herstellern und Anwendern zeigt, dass Klein- und Leichtfahrzeuge nicht robust genug und im Vergleich zu herkömmlichen Fahrzeugen zu teuer und wenig attraktiv sind, sodass ihre Verbreitung erschwert wird. Es fehlen die entsprechenden Fahrzeugkomponenten. Um diesen Bedarf zu decken, verbindet Hirschvogel die eigene Erfahrung und Industrialisierungskompetenz mit der Agilität, Flexibilität und Geschwindigkeit des Entwicklungsteams in der Business Unit Mikromobilität. Dabei wird das Ziel verfolgt, robuste und kostengünstige



BILD 1 Antriebsachse für ein dreirädriges E-Lastenrad
(© Hirschvogel)

Produkte und Systeme für Klein- und Leichtfahrzeuge zu entwickeln und unter einer eigens dafür geschaffenen Marke anzubieten. AXIMO soll damit den Mobilitätswandel hin zu leichteren, kleineren und insgesamt nachhaltigeren Fahrzeugen unterstützen.

ANTRIEBSACHSE FÜR E-LASTENRÄDER

Mit der Antriebsachse, **BILD 1**, für ein dreirädriges E-Lastenrad, das von einem namhaften deutschen Hersteller im Mai 2023 auf den Markt gebracht wurde, lief die Fertigung des ersten Serienprodukts der Business Unit Mikromobilität Ende 2022 bei Hirschvogel E-Solutions am Standort Kaufbeuren an. In knapp anderthalb Jahren Entwicklungszeit wurde eine Antriebsachse konzipiert und zur Serienreife gebracht, die durch einen speziellen Neigemechanismus, ein Gleichlaufgelenk und ein eigens entwickeltes Differentialgetriebe gekennzeichnet ist. Der Aufbau ermöglicht ein natürliches und sicheres Fahrverhalten, das dem eines normalen E-Bikes gleichkommt, und sorgt dafür, dass sich die transportierte Last bei Kurvenfahrten und niedrigen Geschwindigkeiten nicht neigt. Das Differentialgetriebe gewährleistet den Drehzahlausgleich zwischen den Antriebsrädern. Dadurch werden durchdrehende Räder verhindert, und das Lastenrad lässt sich auch bei höheren Geschwindigkeiten und engen Kurven noch präzise und sicher steuern.

Im Rahmen der Industrialisierung wurde umfangreiches Wissen hinsichtlich einer montagegerechten Produktauslegung, der Beschaffung komplexer Bauteilumfänge sowie der Prozessentwicklung von Montagesystemen inklusive kollaborierender Roboter, **BILD 2**, erarbeitet. Ein passendes Montagesys-

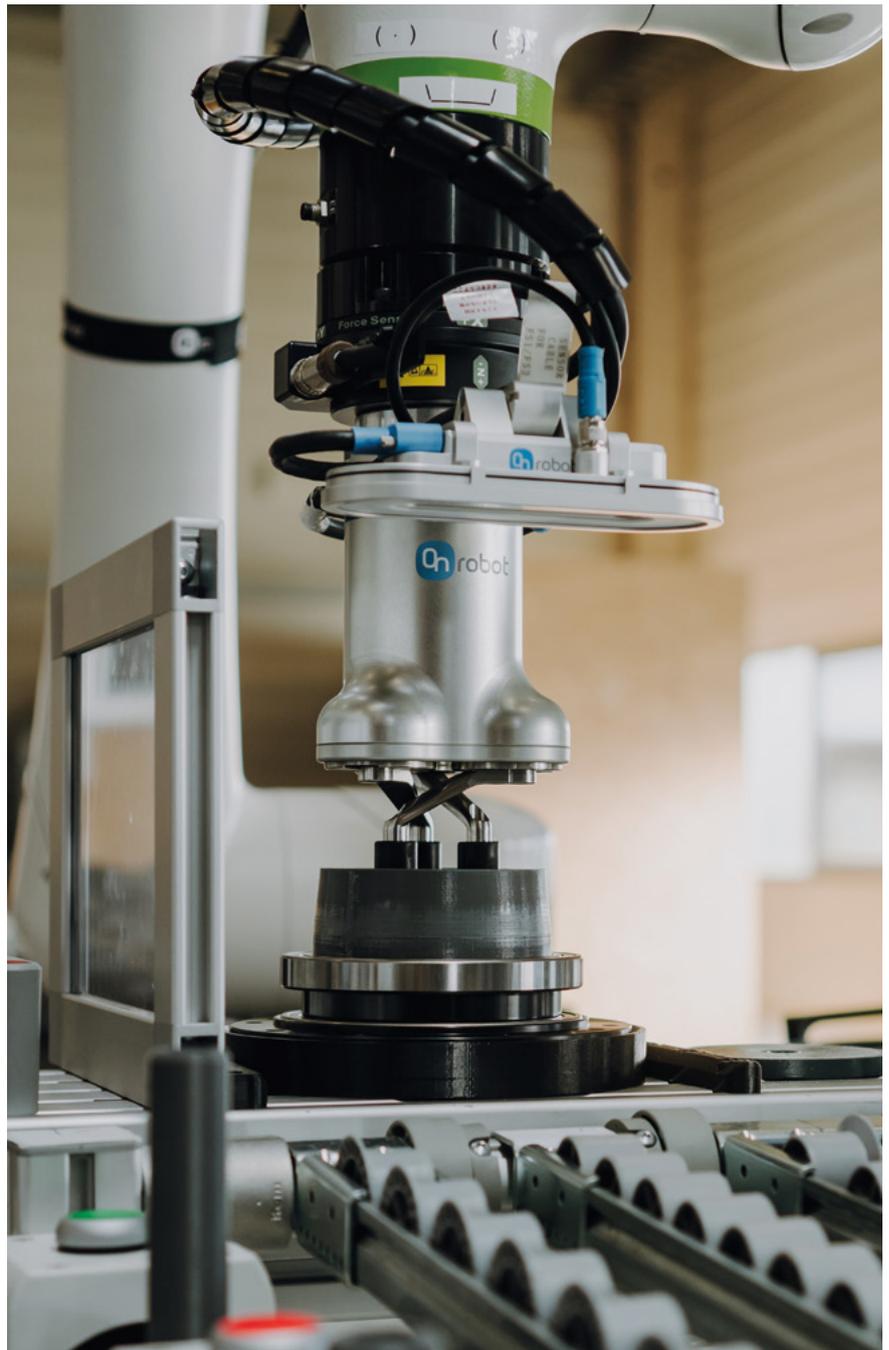


BILD 2 Kollaborierender Roboter (Cobot) (© Hirschvogel)

tem wurde firmenintern bei Hirschvogel entwickelt. Hierbei bildeten die neuen Prozesse sowie die Erfahrungen aus dem Automobilumfeld die Basis. Im Ergebnis ist das Montagesystem effizient, variantenflexibel, beliebig skalierbar und dank der eingesetzten, kollaborierenden Roboter bereits ab kleinen Stückzahlen prozesssicher.

Die Montage, **BILD 3**, erfolgt im sogenannten One-Piece-Flow, wobei das weniger komplizierte Fügen einzelner Teilbaugruppen automatisiert abläuft, während die Mitarbeiterin beziehungsweise der Mitarbeiter den Fokus auf die Fertigstellung der komplexen Gesamtbaugruppe hat. Mithilfe künstlicher Intelligenz wird geprüft, ob alle Komponenten vorhanden sind. Jede Baugruppe wird einem Bandende-Test (End-of-Line-Test) unterzogen und ist dank eines Produktlabels rückverfolgbar.

Weitere Varianten der Antriebsachse für drei- und vierrädrige Lastenräder als einbaufertige Differenzialgetriebe werden in zwei Größenklassen (Maximal-/Nenn Drehmoment 350/100 Nm beziehungsweise 600/350 Nm) ab Anfang 2024 beziehungsweise Ende 2024 in die Serienfertigung gehen. Die verbauten Kegelräder werden im Stammwerk in Denklingen aus Einsatzstahl halbwarm umgeformt. Anschließend erfolgen die Zerspanung und das Einsatzhärten. Der Deckel ist ein Kaltumformteil, bei dem das Kaltverfestigungsverfahren genutzt wird. Das Gehäuse wird halbwarm umgeformt. Deckel und Gehäuse sind aus Vergütungsstahl gefertigt und werden im Anschluss an die Umformung zerspannt. Die weiteren Teile werden zugekauft. Die Validierung der Antriebsachse und der Differenzialgetriebe erfolgt nach eigenen Standards teils im Haus (Differenzialprüfung) und teils bei externen Prüfdienstleistern (Biegeumlaufprüfung, Torsionsprüfung, Salzsprühnebeltest).

ANTRIEBSSYSTEM FÜR E-BIKES

Beim vom Bereich Hirschvogel E-Solutions am Standort Piusheim entwickelten Antriebssystem für Pedelecs, E-Cargobikes und S-Pedelecs, **BILD 4**, steht der letzte Schritt zur Serienfertigung bevor. Das System umfasst einen Direktläufer-Nabenmotor, der ein maximales Drehmoment von 60 Nm am Rad liefert und in der S-Pedelec-Version bis zu 45 km/h unterstützt. **BILD 5** zeigt die Prüfanord-



BILD 3 Montage Faltenbalg (© Hirschvogel)

nung. Bei einem Motorgewicht von knapp 5 kg hat der AXIMO-Antrieb das größte spezifische Drehmoment (Drehmoment/Gewicht) am Markt, die Effizienz liegt bei maximal 83,3 % am S-Pedelec-Betriebspunkt (45 km/h auf flacher Strecke).

Die Leistungselektronik ist im Motor verbaut, eine patentierte Lösung zur integrierten Drehmoment- und Trittfrequenz-erfassung stellt eine intuitive Ansteuerung sicher. Der Motor ist über CAN-Bus ins Antriebssystem eingebunden, die weiteren Systemelemente – etwa Akku, Kabelbaum, Bedien- und Anzeigeelemente –

werden über eine Kooperation mit einem Systemanbieter bereitgestellt. Die Bauweise des Motors ermöglicht den Einbau in ein Standard-Rahmenausfallende und die Verwendung von Standardkassetten, -riemenscheiben, -bremsscheiben und handelsüblichen Steckachssystemen.

Der Motor ist äußerst robust und aufgrund des Aufbaus ohne Getriebe wartungsfrei. Damit eignet er sich für den gewerblichen Einsatz. Im Servicefall kann der Motor im eingespeicherten Zustand geöffnet und im Schadensfall schnell getauscht werden.



BILD 4 E-Bike-Antriebssystem (MMS: Mensch-Maschine-Schnittstelle) (© Hirschvogel)

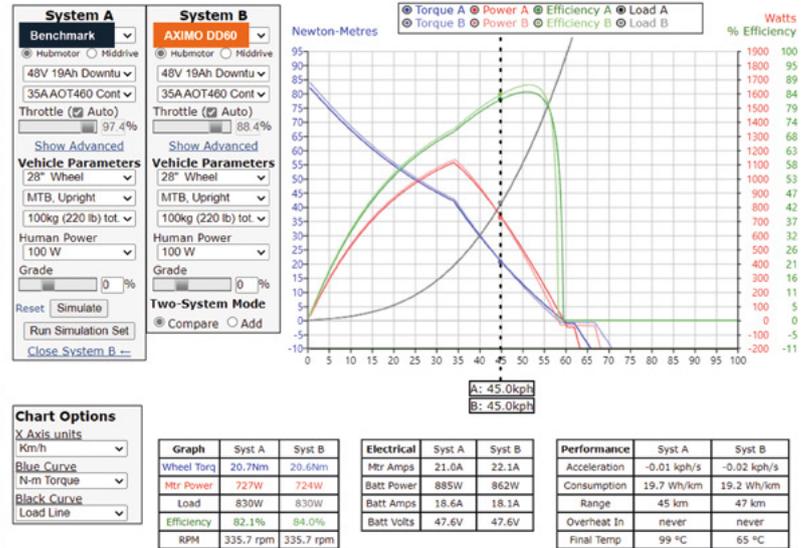


BILD 5 Leistungsprüfstand (links) und Vergleich zwischen dem Systembenchmark und dem AXIMO DD60 (rechts, Screenshot) (© Hirschvogel)

Die Fertigung der Einzelkomponenten und Baugruppen ist bei verschiedenen Partnern in Deutschland und Asien geplant. Die Montage ist am Standort Kaufbeuren vorgesehen. Dort erfolgt auch die Kalibrierung und der Banden-Test vor Auslieferung der Antriebe an die Fahrzeughersteller.

ACHSSYSTEM FÜR KLEIN- UND LEICHTFAHRZEUGE

Die Heckantriebsachse vereint die Funktionen Achsstruktur, Federung/Dämpfung, Antrieb (Motor und Controller) sowie Bremse/Rekuperation in einer Einheit. Durch ein modulares Konzept lassen sich mit ihr verschiedene leichte

Elektrofahrzeuge (LEVs) in den Bereichen L2e, L6e und L7e umsetzen. Nabenmotoren in drei Leistungsklassen bieten ein maximales Drehmoment pro Achse von 120, 240 und 600 Nm bei einer maximalen Achslast von 450 kg. Die Spurbreite ist zwischen 900 und 1250 mm skalierbar, die Achse bietet zwischen 50 und 70 mm Federweg, und die Bodfreiheit des Fahrzeugs ist einfach einstellbar. In der Serienfertigung sollen Achsschenkel aus geschmiedetem Aluminium zum Einsatz kommen. Diese garantieren niedriges Gewicht und hohe Festigkeiten auf sehr beschränktem Bauraum. Aktuell befindet sich der A-Muster-Stand in der Erprobung. Die passende gelenkte und gefederte Front-

achse befindet sich im Konzeptstadium, diese wird das in BILD 6 gezeigte Achssystem bis Ende 2025 vervollständigen.

HERAUSFORDERUNGEN IM ENTWICKLUNGSPROZESS

Die Herausforderung für Hirschvogel besteht darin, sich für den Bereich Mikromobilität vom Teilleferanten zum Produkt-beziehungswise Systemlieferanten weiterzuentwickeln. Die Fahrradbranche funktioniert anders als das klassische Automobilgeschäft, in dem es beispielsweise viele Bauteile gibt, die exakt vom Kunden vorgegeben werden (Built-to-Print). Der Mikromobilitätsmarkt verlangt mehr Kompetenz hinsichtlich des



BILD 6 Gefederte Antriebsachse (links) und gefederte, gelenkte Frontachse (rechts) als Computergrafik (© Hirschvogel)

Gesamtfahrzeugs, da bei Projektstart noch nicht alle Anforderungen an das Bauteil oder System feststehen. Diese werden gemeinsam mit dem Kunden erarbeitet. Der Entwicklungsprozess muss deutlich flexibler gestaltet werden. Es ist sehr wichtig, Zwischenergebnisse schnell prototypisch umzusetzen und in kurzen Zyklen zu optimieren. Aus diesem Grund wurden im Rahmen der Entwicklung des E-Bike-Antriebssystems agile Methoden zur Produktentwicklung eingeführt und erfolgreich etabliert. Angelehnt an den Scrum-Ansatz [2] arbeitet das Entwicklungsteam in zweiwöchigen Iterationszyklen (Sprints) an der Bewältigung von Teilaufgaben. Neben der Arbeit mit Simulationswerkzeugen zur Auslegung und Dimensionierung wird die Realisierbarkeit von Teilfunktionen direkt mithilfe 3-D-gedruckter Funktionsprototypen verifiziert. Parallel werden laufend Musterstände ausgeleitet, um schnell testfähige Produktprototypen zu erhalten, die auf dem Prüfstand und in der Praxis erprobt werden können.

Bei der Serienentwicklung und Industrialisierung hilft die Erfahrung der Un-

ternehmensgruppe. Der Boom der Fahrradbranche verändert die Anforderungen vom Handwerk hin zur industriellen Logik. Die Weiterentwicklung der Klein- und Leichtfahrzeugszene von kleinen Start-up-Firmen hin zu einem wachsenden Industriezweig führt dazu, dass die Anforderungen an Komponenten, Produkte und Systeme steigen. Die Fähigkeit, in Prozessen zu denken, hohe Anforderungen an Qualität und Sicherheit zu erfüllen und zuverlässige, validierte Produkte zu liefern, ist durch die langjährige Automobilerfahrung im Unternehmen verankert und soll zu einer erfolgreichen Positionierung im Bereich der Mikromobilität führen.

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Neue Mobilitätsformen werden neue Fahrzeuge benötigen und neue Fahrzeuge machen neue Komponenten, Produkte und Systeme erforderlich. Mit Gründung der Business Unit Mikromobilität ergänzt Hirschvogel das bestehende Know-how im Bereich der Massivumformung und

Weiterveredelung von Stahl und Aluminium durch neue Kompetenzen und Angebote, die agil und flexibel in neuen Märkten platziert werden. Mittelfristig sollen die einzelnen Entwicklungsprojekte im Aufbau eines modularen Komponentenbaukastens für Klein- und Leichtfahrzeuge münden, der unter der Marke AXIMO vertrieben wird.

LITERATURHINWEISE

[1] Brost, M. et al.: The Potential of Light Electric Vehicles for Climate Protection through Substitution for Passenger Car Trips – Germany as a Case Study. Online: <https://elib.dlr.de/186036/>, aufgerufen: 25. Mai 2023

[2] Bundesverwaltungsamt (Hrsg.): Organisationshandbuch neu. Online: https://www.orghandbuch.de/OHB/DE/OrganisationshandbuchNEU/4_MethodenUndTechniken/Methoden_A_bis_Z/Scrum/Scrum_inhalt.html, aufgerufen: 10. Mai 2023

Finden Sie uns auf
Social-Media



hier klicken

IMPRESSUM:

Sonderausgabe 2023 in Kooperation mit Hirschvogel Holding GmbH,
Dr.-Manfred-Hirschvogel-Strasse 6, 86920 Denklingen;
Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Postfach 1546, 65173 Wiesbaden,
Amtsgericht Wiesbaden, HRB 9754, USt-IdNr. DE81148419

GESCHÄFTSFÜHRER:

Stefanie Burgmaier | Andreas Funk | Joachim Krieger

PROJEKTMANAGEMENT: Anja Trabusch

TITELBILD: © Hirschvogel



**Hirschvogel
Group**

Traditionally innovative.



**EINE WELT
VOLLER
MÖGLICHKEITEN.**



Im Mobilitätswandel stecken jede Menge Chancen. Als einer der weltweit größten Hersteller von massiv umgeformten und weiterveredelten Bauteilen aus Stahl und Aluminium agieren wir für unsere Kunden als ideenreicher Partner – mit Lösungen für alle Mobilitätskonzepte, von der Mikromobilität bis zu elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. So wird der Wandel für uns zum Wachstumstreiber. Weltweit.

www.hirschvogel.com