

Energieeffizienz beginnt bei der Planung – Innovatives Analyse- und Projektierungstool für elektroenergetische Planung von Schiffen

Im vergangenen Jahrzehnt ist ein deutlicher Trend hinsichtlich eines gesellschaftlichen Umdenkens zum Schutz unserer Umwelt und zur Sicherung der Lebensqualität zukünftiger Generationen entstanden. Kaum ein Industriezweig wird spurlos an den daraus resultierenden Veränderungen vorbei gehen können. So tauchen auch im Schiffbau und in der Schifffahrt immer häufiger Begriffe wie „Energie-wende“, „E-Mobilität“, „Emissionsreduzierung“ oder „ökologischer Fußabdruck“ auf. Anforderungen, welche aus politischen, gesellschaftlichen, aber hauptsächlich aus ökologischen Zwängen entstehen, erfordern schnelles aber kein überstürztes Handeln. Als Anbieter von Energieverteilungssystemen und Automationslösungen für Schiffe versucht die Firma besecke GmbH & Co. KG Antworten auf aktuelle Fragen zu geben, um mit ihren Partnern und Kunden rechtzeitig zukunftsfähige Gesamtlösungen entwickeln zu können. Dabei setzen sie sehr früh im Schiffbauprozess an: bei der Planung und Auslegung der energetischen Systeme eines Schiffes.

Der konventionelle Ansatz, den Bedarf an elektrischer Energie für ein noch nicht gebautes Schiff zu ermitteln, führt über die Bewertung von Verbrauchern oder Verbrauchergruppen mit so genannten Gleichzeitigkeitsfaktoren. Dieses Verfahren bringt aber gleich mehrere Nachteile mit sich. So ist es ausschließlich von den Erfahrungen und Systemkenntnissen des Bearbeiters abhängig, inwieweit eine realistische und praktikable Aussage des tatsächlich benötigten Energiebedarfs abgebildet wird. Es verwundert nicht, dass bei den immer komplexer werdenden Bordsystemen die Übereinstimmung, zwischen der auf subjektiver Abschätzung basierenden E-Bilanz und den in der Praxis auftretenden Werten, immer geringer wird. Das tatsächliche Einschaltverhalten von Verbrauchern und ein von Ereignissen oder äußeren Einflüssen abhängiger Energiebedarf ist mit der herkömmlichen Methode auch gar nicht darstellbar. Fährt ein Schiff mehrere Tage über das offene Meer, so wird dieser energetische Zustand in der aktuellen E-Bilanz mit einem Wert erfasst. Dabei ist es offensichtlich, dass der Energiebedarf aufgrund von Jahreszeit, Helligkeit, Temperatur, Wind und Abläufen an Bord, die von den Crew- und Gästeaktivitäten abhängig sind, schwanken wird. Um zukünftig (alternative) elektrische Energieerzeuger und -speicher für den Schiffsbetrieb optimal auslegen zu können und das Verbraucherverhalten so abzustimmen, dass es zu der zur Verfügung stehenden Energie passt, wird also eine neue Methode benötigt, die den Schiffsbetrieb detailliert erfasst und das Verbraucherverhalten praxisnah widerspiegelt.

Die Firma besecke setzt bei der Herausforderung der detaillierten Energiebilanzierung eines Neubauprojektes bei der Ursache für den Energiebedarf an. Der Bedarf an elektrischer Energie eines Schiffes zu einem Zeitpunkt ist gleich der Summe der aktiven elektrischen Verbraucher zu diesem Zeitpunkt. Welche Verbraucher aktiv sind, wird wiederum durch den Zustand des Schiffes bestimmt. Der Modellansatz beschreibt den Schiffszustand mit einem Tripel aus Schiffbetriebsmodus, Ereignisvektor und Einflussvektor.

$$\vec{S} = \begin{pmatrix} 0 \\ \vec{E} \\ \vec{I} \end{pmatrix} \quad \text{mit} \quad \begin{array}{l} \vec{S} \dots \text{Zustandsvektor} \\ 0 \dots \text{Schiffbetriebsmodus} \\ \vec{E} \dots \text{Ereignisvektor} \\ \vec{I} \dots \text{Einflussvektor} \end{array}$$

Über die definierten Schiffsbetriebsmodi wird das Verhalten von Verbrauchern beschrieben, die für das sichere und zuverlässige Fahren und Manövrieren erforderlich sind. Der Ereignisvektor umfasst alle Aktivitäten an Bord, die über den normalen Schiffsbetrieb hinaus gehen. Es gibt auch energetische

Zustände, in denen der Ereignisvektor Null ist, also kein Ereignis vorliegt, wohingegen es keinen Schiffszustand gibt, in dem kein definierter Schiffbetriebsmodus aktiv ist. Im Einflussvektor werden alle natürlichen und nicht natürlichen Einflüsse erfasst, die sich auf das Verhalten bestimmter Verbraucher auswirken. Mit dieser Methode lassen sich alle energetischen Zustände beschreiben, in denen sich ein Schiff befinden kann. Eine Schiffsreise kann als zeitliche Aneinanderreihung von Zuständen betrachtet werden. Um aus einem Zustand den dazugehörigen Energiebedarf zu ermitteln, wird jedem Zustandsvektor ein eindeutiger Verbrauchervektor zugeordnet. Jeder relevante Verbraucher wird im Verbrauchervektor mit seiner elektrischen Leistung und einem Faktor erfasst.

$$\vec{S} \rightarrow \vec{C} = \begin{pmatrix} k_1 * P_{V_1} \\ \vdots \\ k_n * P_{V_n} \end{pmatrix} \text{ mit } 0 \leq k_i \leq 1$$

Der Leistungsbedarf ergibt sich dann aus der Summe aller Komponenten des Verbrauchervektors.

$$P = \sum_{i=1}^n C_i$$

besecke hat mit Unterstützung der Firma OTLO VR Systeme eine Software entwickelt, in der alle Zustandsparameter und die Verbraucher mit ihren relevanten Eigenschaften erfasst und in einer Wissensdatenbank gespeichert werden. Über Matrizen werden die Zustandsparameter untereinander logisch verknüpft, so dass keine in sich widersprüchlichen Zustände in die Energiebilanz einbezogen werden. Außerdem werden die elektrischen Verbraucher den Zustandsparametern oder Kombinationen aus Parametern zugeordnet. Ist die Datenbank vollständig, berechnet die Software die Bilanzdatenbank, die alle energetisch relevanten Zustände mit den dazugehörigen Verbrauchervektoren und Leistungswerten enthält. Bevor daraus eine valide Energiebilanz entstehen kann, wird mittels einer Zeitsimulation und dem Auswerten verschiedener Szenarien die Wissensdatenbank in einem iterativen Prozess sukzessive angepasst. Für die Szenarien werden reale Fahrdaten vergleichbarer Schiffe herangezogen, wodurch eine realitätsnahe Simulation möglich ist.

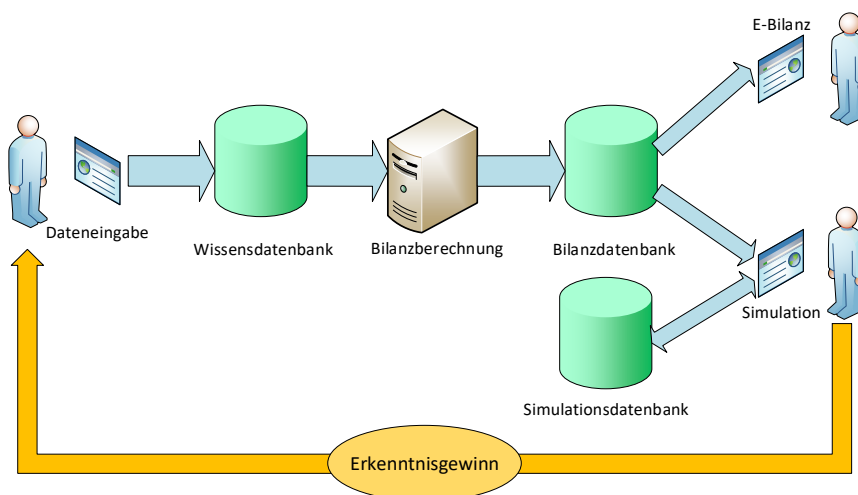


Abbildung 1: Das Befüllen der Wissensdatenbank erfolgt in einem rekursiven Prozess, wodurch diese an Qualität gewinnt

Anhand der Simulation kann mit erfahrenen Besatzungsmitgliedern sowie mit Eignervertretern und Werften das abgebildete Verbraucherverhalten besprochen werden und neue Erkenntnisse können wieder in die Wissensdatenbank einfließen. Außerdem kann der Crew und den Schiffseignern anhand der Simulation dargestellt werden, wie sie das energetische Verhalten ihres Schiffes durch gezieltes Verschieben ausgewählter Ereignisse verbessern können. Durch Wiederholen der Schritte

„Dateneingabe“, „Bilanzberechnung“ und „Simulation“ gewinnt die Bilanzdatenbank an Qualität und erreicht einen Stand, aus dem dann eine Energiebilanz erstellt werden kann, die eine größere Übereinstimmung mit der Praxis hat, und somit der konventionellen Methode überlegen ist.

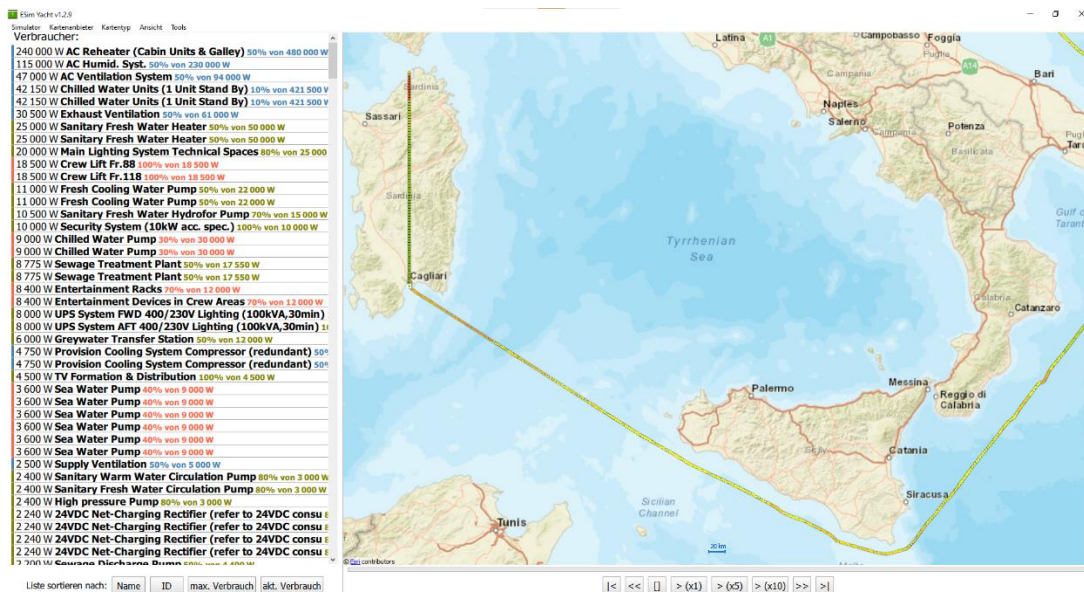


Abbildung 2: Die Simulationsoberfläche gibt Auskunft über aktive elektrische Verbraucher und stellt den Energiebedarf des Schiffes und weitere Informationen zeit- und ortabhängig dar

Prozesse die ohnehin schon automatisiert an Bord von Schiffen ablaufen, lassen sich gut simulieren, da das Verbraucherverhalten vorhersagbar ist. Im Gegensatz dazu gibt es jedoch zahlreiche Vorgänge, die durch subjektive Entscheidungen an Bord angestoßen und gesteuert werden, was sich praktisch nicht simulieren lässt. Das langfristige Ziel von besecke ist es, das simulierte Verbraucherverhalten so weit wie möglich in die Praxis zu übertragen. Das bedeutet, dass auch ein Umdenken bei der Energieverteilung auf Schiffen erfolgen muss. Bisher war es üblich, ausschließlich die Generatoren, durch den Energiebedarf geführt, zu steuern und nur im Notfall Verbraucher vom Netz zu trennen. Für einen energieeffizienten Schiffsbetrieb wird es erforderlich sein, von einer reinen Erzeugersteuerung zu einer kombinierten Erzeuger-Verbraucher-Steuerung überzugehen und so auch das Verbraucherverhalten auf die zur Verfügung stehenden Energie abzustimmen. Damit wird erreicht, dass Erzeuger ihren individuellen Eigenschaften entsprechend in einem optimalen Arbeitspunkt betrieben werden können, was sich wiederum positiv auf den Schadstoffausstoß, den Wartungsaufwand und die Lebensdauer der Systeme auswirken wird.

Um dieses Ziel zu erreichen, nutzt besecke sein langjähriges Know-How in den Bereichen Energieverteilung und Automatisierung und entwickelt die eigenen Produkte weiter. Ab 2021 wird besecke die Erstellung eines Energiereports anbieten, in dem der Kunde unter anderem Empfehlungen zur Generatorenauslegung und benötigten Batteriekapazitäten auf Basis der Simulation erhält. Parallel wird eine Oberfläche für das hauseigene Automationssystem AllViu zur Darstellung des energetischen Zustandes des Schiffes entwickelt. Darüber werden der Schiffsbesatzung Informationen über den aktuellen Energiebedarf und Verbraucheraktivitäten übersichtlich präsentiert. Außerdem wird eine Vorhersage getroffen und dargestellt, wie der

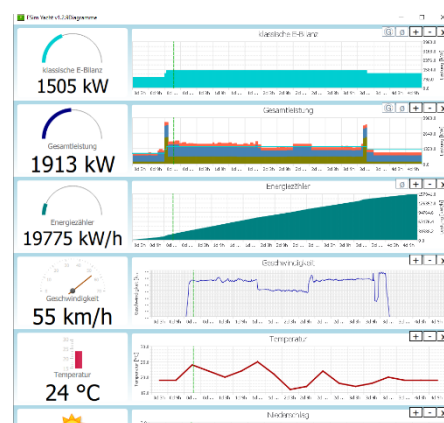


Abbildung 3: Diagramme aus der Simulation stellen die Basis für einen Energiereport

Energiebedarf sich nach aktueller Informationslage entwickelt und welche Schritte durch die Besatzung unternommen werden können, um eventuelle Lastspitzen und Generatorstarts zu vermeiden. Ein weiteres Ziel ist es, dass Aktionen, die sich nicht unmittelbar auf die Abläufe an Bord auswirken, aber trotzdem zu einem energieeffizienteren Schiffsbetrieb beitragen, völlig unbemerkt durchgeführt werden. Durch eine Vernetzung der Schaltanlage mit verschiedenen Bordsystemen wird die Prädiktion des Energiebedarfs besser und die Möglichkeit der Einflussnahme größer. Viele Klimageräte sind beispielsweise ausschließlich temperaturgesteuert und schalten bei der Überschreitung von Schwellwerten ein oder aus. Wenn aber ein Lastanstieg durch ein bevorstehendes Anlegemanöver erwartet wird, ist es sinnvoll das Klimasystem durch vorgezogene Aktivität in einen Zustand zu bringen, in dem auf bestimmte Zeit kein Zuschalten mehr zu erwarten ist. Bei besecke ist man sich sicher: Nur mit der richtigen Abstimmung von Verbrauchern und Erzeugern und der verfügbaren Energie als zusätzliche Führungsgröße bei der Steuerung der Bordsysteme ist ein umweltfreundlicher Schiffsbetrieb möglich.

Bremen/Rostock, 06.08.2020

Autoren: Dipl.-Ing. K. Pankow, M. Sc. R. Balla