

Lehrstuhl für Fördertechnik und Konstruktionslehre  
Department Product Engineering  
Montanuniversität Leoben



# DIPLOMARBEIT

## ENTWICKLUNG EINES ANKERSYSTEMS FÜR YACHTEN

Verfasser

Ing. Eric Fimbinger

Betreuer

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Franz Kessler

Ausgeführt 2015/16

Studienrichtung Montanmaschinenbau

Partnerunternehmen:

Johann Fimbinger GmbH

Feldkirchen, Triesterstraße 363

8401 Kalsdorf bei Graz, Austria

Lehrstuhl, Universität:

Lehrstuhl für Fördertechnik und Konstruktionslehre

Montanuniversität Leoben

Franz-Josef-Straße 18

8700 Leoben, Austria

# Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, 11. Juni 2016

Ing. Eric Fimbinger

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Franz Kessler für die Betreuung dieser Arbeit am Lehrstuhl für Fördertechnik und Konstruktionslehre bedanken.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Johann Fimbinger (Johann Fimbinger GmbH) für die Ermöglichung und die Unterstützung bei der Ausarbeitung dieser Arbeit. Ebenso möchte ich mich bei Herrn DI (FH) Christopher Gloning und bei Herrn DI (FH) Christian Gumpold (motion code: blue GmbH) für ihre Mithilfe bedanken.

Ganz besonders und herzlich bedanken möchte ich mich bei meiner Freundin und bei meiner Familie, vor allem bei meinen beiden Eltern und bei meiner Schwester, für die Unterstützung während meines Studiums.

# Kurzbeschreibung

Yachten mit geneigtem Yachtstegen sind üblicherweise mit Ankersystemen ausgestattet, bei denen Anker über Bugrollen oder aus Ankerklüsen ins Wasser abgesenkt werden. Bei Yachten mit geradem Stegen (senkrechtem Bug) ist die Verwendung solcher konventioneller Ankersysteme problematisch, da es zu Kontakt des Ankergeschirrs mit der Bordwand und dadurch zur Beschädigung der Bordwand kommen kann.

Im Rahmen dieser Arbeit wird für Yachten mit geradem Stegen ein Ankersystem entwickelt, welches eine Bordwandbeschädigung verhindert und zudem das Aussehen der Yacht aufwertet, indem der gelichtete Anker im Inneren des Buges verstaut wird. Um den Kontakt mit der Bordwand zu verhindern, wird mittels eines aus dem Bug auskragenden Armes der Anker in einem erhöhten Abstand vor der Bordwand abgesenkt und auch die Ankerkette in diesem Abstand zur Bordwand gehalten. Zur ankerfreien Gestaltung und damit optischen Aufwertung der Yacht, wird ein Mechanismus entwickelt, der diesen auskragenden Arm mit gelichtetem Anker in den Bug der Yacht bewegt. Die Funktion dieses Mechanismus basiert auf dem Prinzip einer Schublade, indem der Arm horizontal linear ein- beziehungsweise ausgefahren wird.

Die Konstruktion des Ankersystems besteht aus drei Hauptbaugruppen: dem Träger, dem Tunnel und der Lade. Den Arm bildet die im Tunnel linear geführte Lade, die durch ein Antriebssystem ein- und ausgefahren wird. Der Träger stellt das Anschlusselement zum Einbau in den Bug der Yacht dar. Beim Ausfahren wird die Lade durch eine Bordwandöffnung bewegt, welche bei eingefahrener Lade durch einen an der Lade angebrachten Deckel verschlossen ist. Damit sind bei eingefahrener Lade die Komponenten des Ankersystems nicht sichtbar im Bug der Yacht untergebracht. Der Anker wird in einer Wippe im vorderen Bereich der Lade gehalten und gemeinsam mit der Lade beim Ausfahren in den erhöhten Abstand zur Bordwand vor den Bug bewegt. Beim Stecken der Ankerkette wird der Anker aus der Wippe abgesenkt.

# Abstract

Yachts with an inclined stem are typically equipped with anchor systems where the anchor is lowered via a bow roller or through an anchor hawse pipe. For yachts with a straight stem these anchor systems are not as suitable as damage could occur on the side plate through the anchor gear bumping into the yacht's hull.

The aim of this thesis is to develop an anchor system applicable to yachts with a straight stem that prevents such damage on the side plate. Additionally the design of the yacht is to be improved with the development of this anchor system as the hoisted anchor is to be stowed inside the bow. In order to prevent any contact of the anchor gear with the yacht's hull, a construction with a cantilevered arm is needed. With the help of such a construction, the distance between the anchor as well as the anchor chain towards the side plate is increased. To achieve a visual enhancement of the yacht, an appropriate mechanism is evolved which moves the arm plus the anchor to the inside of the bow and vice versa. The functionality of this mechanism is based on the idea of a drawer, therefore the arm is moved horizontally in and out of the hull in a drawer system.

Three main assemblies set up the construction of the developed anchor system: the carrier, the tunnel and the drawer. The drawer that runs horizontally inside the tunnel, represents the arm of the mechanism and is moved via a linear drive system. The carrier is the connecting part to fit the anchor system into the yacht. To lower the anchor, the drawer is moved out through an aperture in the side plate. Fixed on the front of the drawer, a coverage masks this aperture once the drawer is closed. Hence, the components of the anchor system will not be visible when stowed inside the bow. Additionally the anchor is tucked inside a rocker in the front of the drawer, together with which the anchor is brought in position apart from the side plate. When releasing the anchor chain, the anchor is lowered from the rocker.

# Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung .....	1
1.1	Themenstellung .....	1
1.2	Methodik .....	1
1.3	Aufbau und Inhalt der Arbeit .....	2
1.4	Partnerunternehmen.....	3
2	Grundlagen des Yachtwesens .....	4
2.1	Einteilung der Yachten.....	4
2.1.1	Einteilung in Segel- und Motoryachten.....	5
2.1.1.1	Segelyachten.....	5
2.1.1.2	Motoryachten.....	6
2.1.2	Einteilung nach der Länge über alles.....	10
2.1.2.1	Boote.....	11
2.1.2.2	Normale Yachten .....	11
2.1.2.3	Superyachten.....	11
2.1.2.4	Mega- und Gigayachten .....	12
2.1.2.5	Definierte Größenklassen.....	13
2.1.3	Einteilung in Entwurfskategorien.....	13
2.2	Schiffsregister und Klassifikationsgesellschaften.....	14
2.2.1	CE-Zertifizierung.....	14
2.2.2	Klassifikationsgesellschaften.....	14
2.2.2.1	DNV GL und Lloyd's Register .....	15
2.3	Yachtaufbau .....	16
2.3.1	Aufbau und Einrichtung .....	16
2.3.2	Rumpf und Bug.....	18
2.3.2.1	Verdrängung .....	20
2.3.2.2	Bugformen.....	20
2.3.2.3	Weitere Rumpfformen.....	22
2.3.3	Werkstoffe .....	22
2.3.4	Versorgungssysteme .....	22
2.3.4.1	Energieversorgung.....	23
2.3.4.2	Informationsversorgung.....	23
2.3.4.3	Grundversorgungs- und Raumklimasysteme.....	23

2.4	Grundlagen des Ankerns .....	24
2.4.1	Bezeichnungen .....	24
2.4.2	Ankermanöver .....	25
2.4.2.1	Ankergründe und Ankerplätze .....	25
2.4.2.2	Kettenlänge .....	27
2.4.2.3	Ankermanöver und Ankervorgang .....	29
2.4.3	Anker .....	31
2.4.3.1	Ankeraufbau .....	32
2.4.3.2	Ankergröße .....	33
2.4.3.3	Ankertypen .....	33
2.4.3.4	Seahawk .....	36
2.4.4	Ankergeschirr und zugehörige Komponenten .....	40
2.4.4.1	Ankerketten .....	41
2.4.4.2	Wirbelschäkel .....	41
2.4.4.3	Ankerwinde .....	42
2.4.4.4	Kettenkasten .....	43
2.4.4.5	Lenzpumpen .....	43
2.4.4.6	Kettenreinigungssysteme .....	44
2.4.5	Ankersysteme .....	44
2.4.5.1	Bugrollen .....	45
2.4.5.2	Ankertaschen .....	47
2.4.5.3	Weitere Systeme .....	48
3	Aufgabenstellung .....	52
3.1	Hauptanforderungen an das Ankersystem .....	52
3.1.1	Auskragende Konstruktion .....	52
3.1.2	Mechanismus zum Bewegen der auskragenden Konstruktion .....	53
3.2	Umfang der Arbeit .....	54
3.3	Weitere Vorgaben .....	55
3.3.1	Konstruktion als Basiskonzept .....	55
3.3.2	Zu entwickelnde und zu konstruierende Systemkomponenten .....	55
3.3.3	Konstruktions- und Planungsprinzipien .....	56
3.3.4	Mittiger Anker .....	56
3.3.5	Im Rumpf verstauter Anker .....	57
3.3.6	Bugform .....	57
3.3.6.1	Referenzyacht .....	59
3.3.7	Anker und Zubehör .....	61

4	Konzeptentwicklung .....	63
4.1	Konzeptvorauswahl .....	63
4.1.1	Über das Schanzkleid ausklappender Arm .....	63
4.1.2	Aus dem Bug ausklappender Arm .....	65
4.1.3	Linear ausfahrender Arm .....	66
4.1.4	Gewähltes Grundkonzept .....	68
4.2	Konkretisierung des Konzepts Ankerlade.....	69
4.2.1	Einbauposition und Hauptmaße.....	69
4.2.2	Aufbauprinzip und Anschlussstellen im Rumpf.....	70
4.2.3	Führung der Lade .....	71
4.2.4	Antrieb zum Verfahren der Lade .....	72
4.2.5	Sperren der Lade .....	73
4.2.6	Halten des Ankers .....	73
4.2.7	Führung der Ankerkette.....	75
4.2.8	Weitere Überlegungen .....	77
4.3	Zusammenfassung des Basiskonzepts der Ankerlade.....	77
4.3.1	Systemkonzepte.....	78
4.3.2	Konstruktionskonzepte.....	78
5	Konstruktion.....	79
5.1	Ankerlade im Bug.....	79
5.2	Hauptbaugruppen.....	81
5.2.1	Träger.....	83
5.2.2	Tunnel .....	84
5.2.3	Lade.....	86
5.3	Systemkomponenten .....	88
5.3.1	Linearführung der Lade im Tunnel.....	88
5.3.2	Antrieb zum Ein- und Ausfahren der Lade.....	90
5.3.3	Ladensperrsystem.....	92
5.3.4	Wippe.....	94
5.3.5	Wippensperrsystem .....	96
5.3.6	Kettenführung.....	103
5.4	Weitere Komponenten.....	105
5.4.1	Bordwandöffnung und Bordwanddeckel.....	105
5.4.2	Deckverkleidung der Lade.....	106
5.4.3	Umgestaltung der Schottwand .....	108
5.4.4	Ankerwinde .....	109
5.4.5	Kettenspülung .....	110
5.4.6	Zugänglichkeit .....	111

5.5	Belastungsanalyse.....	112
5.5.1	Festlegen des Belastungszustands .....	112
5.5.1.1	Einflussfaktoren und gewählter Referenzzustand.....	112
5.5.1.2	Belastungshöhe.....	113
5.5.1.3	Zusammenfassung des Belastungszustands .....	114
5.5.2	Simulationsvorbereitung und Simulation .....	114
5.5.2.1	Geometrie.....	114
5.5.2.2	Material.....	115
5.5.2.3	Abhängigkeiten .....	116
5.5.2.4	Lasten.....	116
5.5.2.5	Kontaktbedingungen .....	117
5.5.2.6	Vernetzung.....	118
5.5.2.7	Simulation .....	118
5.5.3	Simulationsergebnisse.....	119
5.5.3.1	Gesamte Ankerlade (vereinfachtes Modell).....	120
5.5.3.2	Lade .....	120
5.5.3.3	Wippe.....	121
5.5.3.4	Tunnel.....	122
5.5.3.5	Träger .....	122
5.5.3.6	Weitere Simulationsergebnisse .....	123
5.5.3.7	Rückschlüsse auf die Konstruktion .....	123
5.6	Ankervorgang .....	124
5.6.1	Lade eingefahren – Ladensperre entsperren .....	124
5.6.2	Ausfahren der Lade.....	126
5.6.3	Lade ausgefahren – Ladensperre sperren, Wippensperre entsperren.....	128
5.6.4	Stecken der Ankerkette – Wippe neigt sich .....	130
5.6.5	Stecken der Ankerkette – Anker bewegt sich aus der Wippe .....	132
5.6.6	Stecken der Ankerkette – Anker wird abgesenkt .....	134
5.6.7	Gesteckte Ankerkette .....	136
6	Resümee.....	138
6.1	Entwicklung des Ankersystems .....	138
6.2	Ausblick.....	140
	Verzeichnisse.....	142
	Abbildungsverzeichnis .....	142
	Quellenverzeichnis .....	146

# 1 Einleitung

Yachten sind luxuriöse Freizeit- oder Sportschiffe auf deren ästhetisches Aussehen sehr hoher Wert gelegt wird. Die äußere Gestalt einer Yacht wird wesentlich durch den Rumpf geformt, an dessen vorderem Ende, dem Bug, sich üblicherweise das Ankersystem der Yacht befindet. Beim Ankern wird mithilfe des Ankersystems der Anker von Bord der Yacht ins Wasser abgesenkt. Dabei kann es, speziell bei Bugformen mit geradem Steven, zu Verschleißerscheinungen und Beschädigungen der Bordwand kommen.

## 1.1 Themenstellung

Yachten mit einer gängigen, geneigten Bugform (Yachtsteven) sind üblicherweise mit konventionellen Ankersystemen ausgestattet. Dabei wird der Anker meist über an Deck befindliche Bugrollen oder aus Ankertaschen seitlich am Bug ins Wasser gelassen.

Bei Yachten mit steileren bis annähernd senkrechten Bugformen (gerade Steven) ist die Verwendung solcher konventionellen Ankersysteme problematisch. Ein zu geringer Abstand des Ankers von der Bordwand während des Hebens und Senkens des Ankers sowie ein zu geringer Abstand der Ankerkette von der Bordwand im geankerten Zustand führen zu ungewolltem Kontakt und dadurch zu Verschleiß und Beschädigung der Yacht im Bugbereich.

Zu entwickeln ist ein spezielles, auf konventionellen Systemen basierendes Ankersystem für solche steileren bis annähernd senkrechten Bugformen, welches Beschädigungen der Bordwand am Bug durch den Anker beziehungsweise die Ankerkette bei üblichen Betriebsverhältnissen verhindert. Zudem ist mithilfe des entwickelten Ankersystems das Gesamtbild der Yacht im Bugbereich bei gelichtetem Anker aufzuwerten, indem der Anker und sämtliche Komponenten des Ankersystems von außen nicht sichtbar im Inneren des Buges verstaut werden und somit eine scheinbar ankerlose und glatte Bordwandgestaltung ermöglicht wird.

## 1.2 Methodik

Im Rahmen dieser Arbeit wird ein Ankersystem für Yachten mit geradem Steven entwickelt, das Bordwandbeschädigungen verhindert. Die Entwicklung dieses Ankersystems erfolgt in Zusammenarbeit mit beteiligten Partnerunternehmen. Zudem wird eine grundlegende Recherche im Yachtwesen und speziell zu Ankersystemen durchgeführt.

Zu Beginn werden die Problemstellung und die wesentlichen Hauptanforderungen an das zu entwickelnde Ankersystem beschrieben. Weitere, detailliertere Anforderungen und Vorgaben erfolgen dann im Laufe der Entwicklung des Ankersystems. In einer Konzeptanalyse werden mögliche Lösungsansätze gefunden, analysiert und eines dieser Konzepte als geeignetes Basiskonzept für die konstruktive Ausarbeitung festgelegt. Sämtliche Komponenten der unterschiedlichen Teilsysteme des gesamten Ankersystems werden dabei im Detail erarbeitet und mithilfe einer überschlägigen Belastungsanalyse vorab dimensioniert. Anhand der ausgearbeiteten Konstruktion wird abschließend der Ablauf des Ankervorgangs mit dem entwickelten Ankersystem gezeigt werden.

### 1.3 Aufbau und Inhalt der Arbeit

Diese Arbeit gliedert sich in vier wesentliche Teilbereiche: Beginnend wird in **Grundlagen des Yachtwesens** ein allgemeiner Überblick über Yachten gegeben, wobei vor allem auf den Bugbereich und auf das Ankern von Yachten eingegangen wird. Detaillierte Anforderungen und Vorgaben an das zu entwickelnde Ankersystem werden in der **Aufgabenstellung** erläutert. Des Weiteren werden die konkrete Bugform und der gegebene Anker zur Entwicklung des Ankersystems im Detail beschrieben. In der folgenden **Konzeptentwicklung** wird ein geeignetes Ankersystem als Basiskonzept erarbeitet. Anschließend wird basierend auf diesem Basiskonzept die **Konstruktion** des Ankersystems im Detail ausgearbeitet. Dabei wird zur Entwicklung von Systemkomponenten eine überschlägige Belastungsanalyse durchgeführt und abschließend der Ablauf des Ankervorgangs anhand des konstruierten Ankersystems dargestellt.

Diese Arbeit wurde nach Vorgaben von und in Absprache mit beteiligten Partnerfirmen erstellt. Nicht explizit verwiesener Inhalt basiert im Allgemeinen auf Angaben der Partnerfirmen, wie beispielsweise die gegebenen Vorgaben zur Entwicklung des Ankersystems in der Aufgabenstellung.

Der Begriff „Yacht“ bezieht sich im Rahmen dieser Arbeit auf eine Motoryacht mittlerer Größe, wenn nicht aus dem Kontext ein anderer Bezug anzunehmen ist. Segelyachten und große Motoryachten (Superyachten) sind für die Entwicklung des Ankersystems von geringer Relevanz und werden daher nur am Rande betrachtet.

## 1.4 Partnerunternehmen

An der Entwicklung des Ankersystems sind zwei Partnerunternehmen beteiligt.

### **Johann Fimbinger GmbH**

Als primäres Partnerunternehmen stellt die Johann Fimbinger GmbH die Aufgabenstellung zur Entwicklung des Ankersystems und ist vor allem an der Konzeptfindung sowie Konzeptbeurteilung beteiligt. Wie in der Aufgabenstellung in Kap. 3.3.7 gegeben, bildet ein Anker vom Typ Seahawk das zentrale Kernelement zur Entwicklung des Ankersystems. Dieser von der Johann Fimbinger GmbH entwickelte Ankertyp ist in den Grundlagen in Kap. 2.4.3.4 ausführlich beschrieben.

Die Johann Fimbinger GmbH unter der Leitung von Johann Fimbinger (III) ist ein Sondermaschinenbaubetrieb mit Firmensitz in Kalsdorf bei Graz. Spezialisiert ist das Unternehmen auf die Entwicklung und Herstellung von Kernölerzeugungsanlagen sowie Schnecken und Kräuterpresen zur Ölgewinnung. Zum weiteren Leistungsumfang zählen unter anderem die Konstruktion, die Individualfertigung sowie Reparatur- und Wartungsbearbeitung im Sondermaschinenbau.

### **motion code: blue GmbH**

Das zweite beteiligte Partnerunternehmen ist das österreichische Designbüro für Naval Architecture beziehungsweise für Yachtdesign motion code: blue GmbH.

Die zur Entwicklung beziehungsweise Konstruktion des Ankersystems vorgegebene Bugform in Kap. 3.3.6 ist eine Empfehlung der motion code: blue GmbH. Diese Bugform entspricht dem Vorderschiff einer konkreten Yacht, welche sich durch den geraden Steven zur Entwicklung des Ankersystems anbietet und eignet.

## 2 Grundlagen des Yachtwesens

Der Begriff **Yacht** kann im modernen Sprachgebrauch wie folgt beschrieben werden:

Unter einer Yacht versteht man üblicherweise ein luxuriös ausgestattetes Freizeit- oder auch Sportschiff einer gewissen Größe, mit dem Zweck der privaten Nutzung. Eine Yacht kann persönliches Eigentum eines privaten Eigners sein oder zur Überlassung auf bestimmte Zeit gechartert werden. [23]

In der Bezeichnung einer Yacht findet sich neben dem Hersteller und der Typenbezeichnung beziehungsweise dem Namen der Yacht sehr oft auch die Yachtlänge, meistens angegeben in Fuß, seltener auch in Meter. *Azimut Atlantis 58*, in Abb. 2.2 dargestellt, bezeichnet beispielsweise eine Yacht der *Azimut Benetti Group* aus Italien, der Type *Atlantis* mit einer Länge von 58 ft (ca. 17,5 m). [4]

Schiffe der Industrie-, Wirtschafts-, Forschungs- und Berufsschifffahrt und Schiffe staatlicher oder öffentlicher Institutionen werden nicht als Yachten bezeichnet. Ebenso gelten Fähren, Ausflugs- und Kreuzfahrtschiffe, typische Hausboote und Boote bis zu einer Länge von ungefähr 12 m (s.Kap. 2.1.2) nicht als Yachten. [23]

### 2.1 Einteilung der Yachten

Prinzipiell können Yachten, wie anschließend näher beschrieben, wie folgt eingeteilt werden:

- in Segel- und Motoryachten (Kap. 2.1.1)
- nach der Größe beziehungsweise der Länge über alles (Kap. 2.1.2)
- in Entwurfskategorien (nach dem ausgelegten Nutzungsgebiet; Kap. 2.1.3)

Zudem können Yachten auch durch weitere Merkmale kategorisiert werden, wie zum Beispiel:

- nach dem Preis (korreliert meist mit der Größe)
- nach dem Baujahr beziehungsweise dem Alter
- nach dem Einsatzgebiet
- nach der Anzahl der möglichen Passagiere oder Größe der Schiffsbesatzung
- Motoryachten nach deren Reichweite
- nach dem Design oder den verwendeten Materialien
- nach der Art oder Anzahl vorhandener Einrichtungen oder Zusatzausstattungen wie beispielsweise Decks, Pools oder Garagen für Tender (Beiboote) und Jet-Skis

## 2.1.1 Einteilung in Segel- und Motoryachten

Kennzeichnender Unterschied zur Einteilung in Segel- oder Motoryachten ist die Art des Antriebs zum Verfahren der Yacht durch Segeln oder durch motorbetriebene Antriebe, bezeichnet mit *Laufen unter Segel* oder *Laufen unter Maschine*. [18]

Yachten mit Segeln und zusätzlichem motorbetriebenen Antrieb werden als **Motorsegler** bezeichnet und bilden einen Kompromiss zwischen Segel- und Motoryachten. Ob eine solche Yacht eher Merkmale einer Segel- oder einer Motoryacht aufweist, hängt von der konkreten Ausführung und speziell der Rumpfform der betrachteten Yacht und ferner auch von der erreichbaren Geschwindigkeit beim Laufen unter Maschine ab. [18, S. 40]

Neben der Art des Antriebs unterscheiden sich Segel- und Motoryachten auch in Form und Aufbau. Segelyachten weisen häufig eine langgezogene schmälere Rumpfform auf und wirken dadurch oft eher sportlich. Abgesehen von Sportyachten stehen bei Motoryachten hingegen meist Luxus und Eleganz im Fokus.

### 2.1.1.1 Segelyachten

Segelyachten können wiederum nach der Anzahl und der Aufstellungsart der Maste und Segel weiter unterteilt werden. In der folgenden Abb. 2.1 sind zur Übersicht gängige Segelyachttypen mit erkennbarem Unterschied in Größe, Anzahl und Anordnung der Maste und Segel dargestellt.

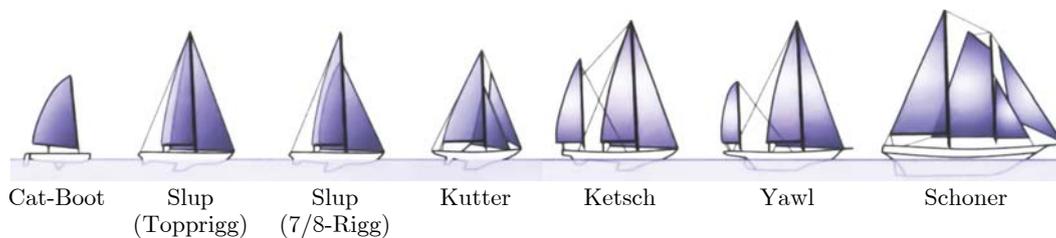


Abb. 2.1: Segelyachttypen [2, S. 28, 18, S. 64f.]

Der am weitesten verbreitete Segelyachttyp ist die *Slup*. Im Folgenden sind die unterschiedlichen Maste und Segel der in Abb. 2.1 dargestellten Segelyachttypen kurz erläutert:

- Maste:
- ein einzelner Mast
  - zusätzlicher Mast (der Hauptmast ist dann der jeweils rechts dargestellte)
- Segel:
- Großsegel (am Hauptmast links dargestellt)
  - Vorsegel (am Hauptmast rechts dargestellt)
  - Schonsegel (am zusätzlichen Mast)

[2, S. 25ff., 18, S. 63ff.]

Da sich diese Arbeit speziell mit Motoryachten beschäftigt, wird auf Segelyachten im Detail nicht näher eingegangen.

### 2.1.1.2 Motoryachten

Motoryachten werden durch die Art ihres Aufbaus in verschiedene Typen unterteilt. Bekannte Typenbezeichnungen für Arten von Motoryachten sind etwa *offene Yachten*, *Sportyachten*, *Trawler*, *Explorer* und *Sportfischer*. Als Beispiele sind für eine Sportyacht in Abb. 2.2 eine *Azimut Atlantis 58* und für eine Trawler- beziehungsweise Explorer-Yacht in Abb. 2.3 eine *Bering 60* dargestellt. [5, 18, S. 181]



Abb. 2.2: *Azimut Atlantis 58*, Sportyacht in Gleitfahrt [4]



Abb. 2.3: *Bering 60*, Trawler beziehungsweise Explorer in Verdrängerfahrt [5]

Zwei wesentliche Merkmale bilden die Grundlage für eine weitere Unterteilung. Zum einen die Rumpfform in Verdränger, Gleiter und Halbgleiter und zum anderen die Antriebsart einer Motoryacht. [18, S. 182f.]

## Rumpfformen

Die Rumpfform einer Yacht ist ausschlaggebend für das Fahrverhalten, die Stabilität bei Fahrt, vor Anker und bei unterschiedlichem Seegang. Ebenso beeinflusst die Rumpfform die erreichbare Höchstgeschwindigkeit und die Wirtschaftlichkeit bei unterschiedlichen Fahrgeschwindigkeiten der Yacht durch den erzeugten Fahrwiderstand und dem damit verbundenen Kraftstoffverbrauch. [18, S. 181]

**Verdränger** sind für relativ langsame Geschwindigkeiten ausgelegt, ermöglichen aber durch die oft tiefe und geräumige Rumpfform eine sehr stabile, gleichmäßige und relativ ruhige Fahrt. Aus der konkreten Form und Größe des Rumpfes ergeben sich für einen Verdränger eine sehr unwirtschaftlich erreichbare Höchstgeschwindigkeit und eine meist nur etwas darunter liegende wirtschaftliche Fahrgeschwindigkeit. Verdränger heben sich bei Fahrt nicht durch die entstehende Bugwelle aus dem Wasser heraus. Alle größeren Yachten und solche die nicht für höhere Geschwindigkeiten ausgelegt sind, werden üblicherweise als Verdränger ausgeführt. Als Beispiel einer Yacht in Verdrängerschaft ist in Abb. 2.3 eine *Bering 60*, bei relativ langsamer Geschwindigkeit und mit deutlich erkennbarer Bugwelle dargestellt. [18, S. 181,195]

**Gleiter** können wesentlich höhere Fahrgeschwindigkeiten erreichen, indem sie sich ab einer gewissen Geschwindigkeit aus dem Wasser herausheben und durch die am Bug gebildete Welle – wie ihr Name schon beschreibt – auf dem Wasser gleiten. Dadurch verringert sich der Fahrwiderstand und je nach Motorleistung kann eine Yacht in Gleitfahrt eine durchaus hohe Höchstgeschwindigkeit erreichen. Die Stabilität und die Gleichmäßigkeit der Gleitfahrt sind jedoch im Vergleich zur Verdrängerschaft entsprechend geringer. Yachten, bei denen höhere Geschwindigkeiten und ein sportlicher Charakter wesentliche Kriterien darstellen, wie beispielsweise Sportyachten, sind als Gleiter ausgeführt. Abb. 2.2 zeigt die Gleitfahrt einer *Azimut Atlantis 58*, die sich bei höherer Geschwindigkeit aus dem Wasser heraushebt. [18, S. 181,195]

**Halbgleiter** sind eine Mischvariante aus Verdränger und Gleiter. Diese bilden je nach konkreter Rumpfform und Ausführung der Yacht einen gewissen Kompromiss aus den Vorteilen der Verdränger bei langsamer Fahrt und der höheren erreichbaren Fahrgeschwindigkeiten beim Übergang in die Gleitfahrt. [18, S. 181f.,195]

Weitere Details zu den Rumpfformen werden in Kap. 2.3.2 behandelt.

## Antriebsarten

Außenbordmotoren, wie sie oft auf kleineren Motorbooten Verwendung finden, sind für Yachten ab einer gewissen Größe keine Option mehr. Beim Antrieb von Yachten kommen daher meist Innenbordmotoren, hauptsächlich Diesel- und seltener Viertakt-Benzinmotoren, zum Einsatz. In speziellen Fällen werden auch Gasturbinen verwendet. Flüssiggasbetriebene Antriebssysteme sind noch im Entwicklungsstadium. [18, S. 183f., 24]

Die Dimensionierung und die Auslegung der Motorleistung und des Antriebssystems erfolgt primär nach der Größe, der Rumpfform als Verdränger-, Gleiter- oder Halbgleiter-Bauweise und nach der geforderten Geschwindigkeit und Beschleunigung der Yacht.

Generell werden für Motoryachten meistens Antriebssysteme wie Wellen-, Z-, Pod- und seltener Waterjet-Antriebe verwendet, die nachfolgend näher erklärt werden. Wesentliche Faktoren wie Einfluss auf die Manövrierfähigkeit und auf das Fahrverhalten einer Yacht unterscheiden die Antriebssysteme voneinander. Die Antriebsart hängt aber auch oftmals von weiteren Aspekten ab, wie beispielsweise dem beabsichtigten Einsatzgebiet in flachen oder auch geschützten Gewässern. [18, S. 184f.]

Der **Wellenantrieb** (Abb. 2.4), oft auch als **Doppelwellenantrieb** (Abb. 2.5) mit zwei parallel liegenden Wellen ausgeführt, ist eine klassische und weit verbreitete Antriebsform. Dabei wird über eine wie in Abb. 2.4 dargestellte, leicht geneigte Welle der Propeller unter dem Heck der Yacht angetrieben. Das hinter dem Propeller angebrachte, bewegliche Ruder zum Manövrieren der Yacht wird vom Schraubwasser des Propellers angeströmt. [18, S. 184f., 41]

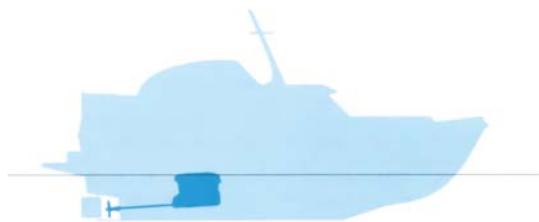


Abb. 2.4: Wellenantrieb (Schema) [18, S. 185]



Abb. 2.5: Doppelwellenantrieb [41]

Beim **Z-Antrieb** (Abb. 2.6) beziehungsweise **Doppel-Z-Antrieb**, analog zum Doppelwellenantrieb, ist durch einen geeigneten Aufbau der Propelleranlage der Antriebsschaft mit dem Propeller beweglich ausgeführt (Abb. 2.7). Durch horizontales Schwenken des Propellers kann die Yacht gesteuert und durch vertikales Schwenken sogar etwas in ihrer Fahrlage, der Neigung in Fahrtrichtung, beeinflusst werden. [9, 18, S. 184f., 39]

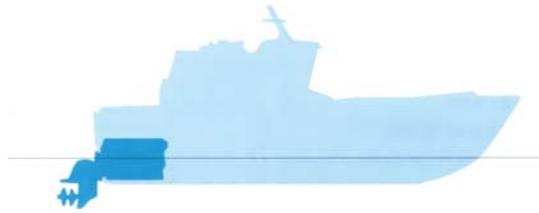


Abb. 2.6: Z-Antrieb (Schema) [18, S. 185]



Abb. 2.7: Volvo Penta Aquamatic, Doppel-Z-Antrieb [9, 39]

**Pod-Antriebe** (Abb. 2.8) bestehen aus zwei oder auch mehreren unter der Yacht, am Boden des Rumpfes, angeordneten und horizontal rundum drehbaren Antriebsköpfen (Abb. 2.9). Durch Steuern der Ausrichtung und der Drehzahl der einzelnen Antriebsköpfe ist eine sehr hohe Manövrierfähigkeit der Yacht gegeben, wodurch beliebige Bewegungen der Yacht, wie beispielsweise Seitwärtsbewegungen oder Drehen am Stand, ermöglicht werden. Durch eine GPS-Kopplung mit dem Antrieb kann auch eine vorgegebene Position der Yacht automatisch gehalten werden. [18, S. 184f., 56]

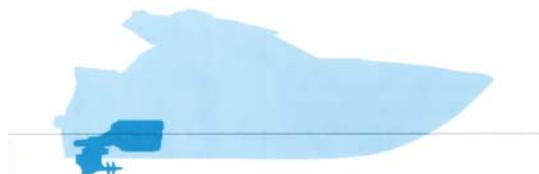


Abb. 2.8: Pod-Antrieb (Schema) [18, S. 185]

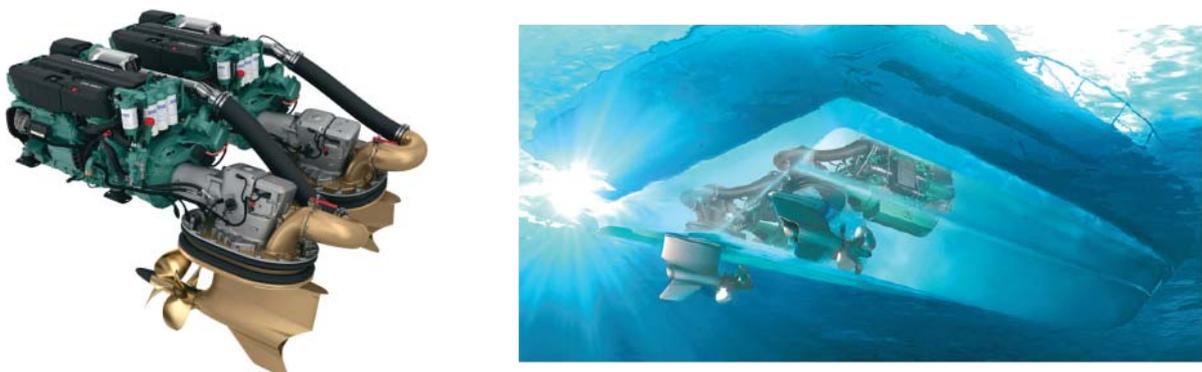


Abb. 2.9: Volvo Penta IPS, Pod- Antrieb [56, 57, S. 1]

Der **Waterjet-Antrieb** (Abb. 2.10) oder auch **Wasserstrahlantrieb** saugt Wasser am Boden der Yacht an und stößt dieses über eine Düse am Heck der Yacht wieder aus (Abb. 2.11). Mit dem durchaus sehr starken Schub dieses Antriebs sind hohe Geschwindigkeiten erreichbar und durch die Steuerung der Schubrichtung über die Ausrichtung der Düse ist auch eine sehr gute Manövrierbarkeit der Yacht gegeben. Waterjet-Antriebe finden vergleichsweise eher selten Verwendung, eignen sich aber für Sportyachten mit sehr hohen Geschwindigkeiten oder durch die relativ niedrige, propellerlose Bauweise auch für Yachten in flachen Gewässern. [18, S. 184f., 49, 55]



Abb. 2.10: Waterjet-Antrieb (Schema) [18, S. 185]

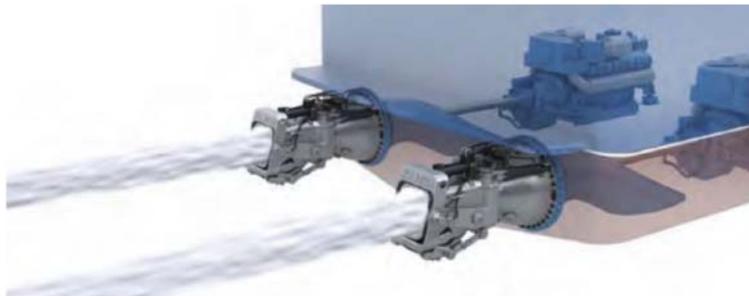


Abb. 2.11: *Rolls-Royce Waterjet Kamewa S3*, Waterjet-Antrieb [49, S. 4]

## 2.1.2 Einteilung nach der Länge über alles

Die Größe einer Yacht wird gängiger Weise mit der **Länge über alles** (Lüa) angegeben. Das entspricht der Rumpflänge zwischen den beiden äußersten Punkten am Bug und am Heck der Yacht, ohne Berücksichtigung etwaiger Überhänge oder auskragender Elemente wie beispielsweise Bugkörbe oder Heckruder (s.Abb. 2.21). [18, S. 30f.]

Neben der Länge über alles ist auch die **Verdrängung** (s.Kap. 2.3.2.1) eine geläufige Möglichkeit zur Größendefinition einer Yacht.

Die häufigste Einteilungsweise von Yachten geschieht durch die Länge über alles, wobei die Grenzen zwischen den unterschiedlichen Größenklassen meist nicht konkret festgelegt sind. Zur Orientierung und als Richtwerte können aber die folgenden Bezeichnungen für gewisse Yachtgrößen herangezogen werden. Die Länge bezieht sich bei den folgenden Angaben immer auf die Länge über alles. Die Werte in Fuß sind gerundet. [23]

### 2.1.2.1 Boote

Bis zu einer Länge von ungefähr 12 m (39 ft) wird ein Schiff eher als *Boot* bezeichnet, ab dieser Mindestlänge kann man von einer *Yacht* sprechen. Etwas luxuriöser ausgestattete Boote werden auch als *Kajütboote* oder in Englisch als *Cabin Cruiser* (Abb. 2.12) bezeichnet. [18, S. 179f., 23]



Abb. 2.12: *Quicksilver 855 Weekend*, Cabin Cruiser (9 m) [45]

### 2.1.2.2 Normale Yachten

Typische *normale Yachten* kleinerer bis mittlerer Größe liegen häufig im Bereich einer Länge von 12–24 m (40–80 ft). In Abb. 2.13 ist der Yachthafen *Porto Montenegro* mit typischen Yachten normaler Größe dargestellt. [11, 18, S. 30, 23]



Abb. 2.13: *Porto Montenegro*, Yachthafen mit typischen Yachten [1]

### 2.1.2.3 Superyachten

Größere Yachten mit einer Länge über 24 m (80 ft) werden als *Superyachten* oder auch als *Luxusyachten* bezeichnet. [11, 23]

Die in Abb. 2.14 dargestellte Superyacht *O’Pati* von *Atalanta Golden Yachts* mit einer Länge von 39,5 m gewann 2012 in der Kategorie motorbetriebener Yachten der Länge 24–40 m den *International Superyacht Society (ISS) Award* (s.Kap. 2.1.2.5). [3, 28]



Abb. 2.14: *O’Pati* (*Atalanta Golden Yachts*), Superyacht (39,5 m) [3]

#### 2.1.2.4 Mega- und Gigayachten

Große Superyachten, die bereits eine entsprechend große Crew erfordern werden als *Megayachten* und die größten Megayachten sogar als *Gigayachten* bezeichnet. Um eine Yacht mit Mega- oder Gigayacht zu betiteln, wird häufig auch der Preis dieser sehr großen Luxusyachten als Kriterium herangezogen. [11, 23]

In Abb. 2.15 ist die Megayacht *Invictus* von *Delta Marine* mit einer Länge von 66 m und einer Besatzung von 22 Crewmitgliedern dargestellt. [15, S. 40]



Abb. 2.15: *Invictus* (*Delta Marine*), Megayacht (66 m) [15, S. 6]

Eine der bekanntesten Gigayachten ist die in Abb. 2.16 dargestellte *Octopus* von Paul Allen (Microsoft Co-Founder), gebaut von *Lürssen Yachts*, mit einer Länge von 126 m und 50 Crewmitgliedern. [7]



Abb. 2.16: *Octopus* (Lürssen Yachts), Gigayacht (126 m) [7]

### 2.1.2.5 Definierte Größenklassen

Zur genauen Eingrenzung der Yachten in Größenkategorien, vorwiegend bei Regatten oder Veranstaltungen und bei Yacht-Awards, werden genau definierte Grenzen für Yachtgrößen festgelegt. Im Folgenden sind drei Beispiele anerkannter Vereinigungen des Yachtsports angeführt, welche Yachten in Größenklassen einteilen:

- *International Superyacht Society (ISS): ISS Award* [27]
- *Boat International: World Superyacht Awards* [8]
- *International Maxi Association (IMA): IMA Maxi-Klassen für Segelyacht-Regatten* [26]

### 2.1.3 Einteilung in Entwurfskategorien

Zur Überprüfung und Bestätigung der Einhaltung geltender Bauvorschriften und Vorgaben werden Yachten durch Klassifizierungsstellen (s.Kap. 2.2) klassifiziert beziehungsweise zertifiziert und dazu in definierte Klassen unterteilt:

Eine erste Einteilung erfolgt nach der Größe der zu zertifizierenden Yacht, wobei typische normale Yachten, wie in Kap. 2.1.2.2 bereits erläutert, häufig in die Kategorie von 12–24 m fallen.

Eine weitere Einteilung erfolgt entsprechend dem ausgelegten Nutzungsgebiet in folgende vier Klassen von **Entwurfskategorien**:

- Hochsee
- Außerhalb von Küstengewässern
- Küstennahe Gewässer
- Geschützte Gewässer

[18, S. 30]

Die Entwurfskategorie beschreibt, für welche Gewässer die Yacht ausgelegt ist und in welchem Umfeld diese sich daher üblicherweise im Einsatz befindet.

## 2.2 Schiffsregister und Klassifikationsgesellschaften

In der **Schiffsregisterordnung** ist die Registrierung von Schiffen, getrennt nach dem Fahrtgebiet in Schiffregister der Binnen- und der Seeschifffahrt, geregelt.

Um eine Yacht im *Binnenschifffahrtsregister* zu registrieren ist eine Eichbescheinigung ausgestellt von der dafür zuständigen Behörde und die entsprechende an der Yacht angebrachte Eichplakette Voraussetzung.

Mit einer Länge über 15 m muss eine Yacht für das Fahrtgebiet auf See in das *Seeschifffahrtsregister* eingetragen werden. Bis zu einer Länge von 15 m kann eine Eintragung erfolgen. Für die Registrierung ist ein Schiffsmessbrief erforderlich, der von der zuständigen Behörde durch eine Schiffsvermessung ausgestellt wird.

Der Umfang der Schiffsvermessung ist abhängig von der Größe der zu registrierenden Yacht: Yachten mit einer Länge von weniger als 24 m können nach einem vereinfachten Messverfahren, das sich auf die Feststellung der Länge beschränkt, vermessen werden und erhalten einen zweisprachigen Schiffsmessbrief. Über 24 m Länge müssen Yachten nach den Regeln des Internationalen Schiffsvermessungs-Übereinkommens von 1969 (London-Regeln) vermessen werden und erhalten den Internationalen Schiffsmessbrief (1969).

Als Nachweis der Registrierung in das Seeschiffsregister wird dem Eigner das Schiffszertifikat seiner Yacht ausgestellt. Dieses ist, wie auch die übrigen Dokumente und Zertifikate, an Bord mitzuführen. Für ins Seeschifffahrtsregister eingetragene Yachten ist der Name der Yacht gut sichtbar an beiden Seiten des Buges und am Heck, zusammen mit dem Heimathafen, zu führen.

[18, S. 775]

### 2.2.1 CE-Zertifizierung

Zertifikate bescheinigen die Einhaltung von Vorschriften und Sicherheitsanforderungen beim Bau, bei der Einrichtung und Ausrüstung sowie bei der Inbetriebnahme einer Yacht. [18, S. 776]

Auf dem europäischen Markt ist für Yachten bis 24 m Länge eine CE-Zertifizierung erforderlich. In Deutschland ist die Klassifikationsgesellschaft DNV GL (nachfolgendes Kap. 2.2.2.1) als Zertifizierungs- und Prüfstelle mit dieser Zertifizierung betraut. [18, S. 776, 19]

### 2.2.2 Klassifikationsgesellschaften

Im Gegensatz zur CE-Zertifizierung geschieht die Klassifikation und Zertifizierung einer Yacht nach Richtlinien und Regelwerken von Klassifikationsgesellschaften zwar auf eigenen Wunsch,

ist aber für renommierte Werften unerlässlich, da dies eine nach den „anerkannten Regeln der Technik“ gebaute Yacht bestätigt. Nach den Vorschriften von Klassifikationsgesellschaften gebaute Yachten erhalten als Klassifikationsnachweis üblicherweise eine entsprechende Klassifikationsplakette. [18, S. 776f., 23]

Die konkrete Klassifikation einer Yacht kann in unterschiedlicher Weise und in unterschiedlich starkem Umfang ausgeführt werden: Einzelklassifikationen unterliegen beispielsweise der laufenden Kontrolle durch die Klassifikationsgesellschaft, beginnend mit der Prüfung der Baupläne der Yacht, über die Kontrolle während der Fertigung bis zur Endabnahme der komplett ausgebauten Yacht. Serienklassifikationen beschreiben systematische Überwachungsmethoden der Fertigung im Yachtserienbau. Einfachere Klassifikationen umfassen beispielsweise auch nur die Kontrolle der Rumpfkonstruktion einer Yacht oder erfolgen nach vereinfachten Prüfmethoden, die jedoch über den Umfang der CE-Zertifizierung hinausgehen. [18, S. 776f.]

Die Leistungen von Klassifikationsgesellschaften umfassen unter anderem die Herausgabe von Bauvorschriften für Yachten, Antriebsanlagen und sonstige technische Ausrüstung, wie auch die Beaufsichtigung bei Yachtneubauten in Werften, bei der Herstellung von Antriebsanlagen und weiterem Zubehör. Auch die Erlassung von Prüfvorschriften für Werkstoffe und die Herausgabe spezieller Richtlinien, wie beispielsweise für den Einbau von Flüssiggasanlagen auf Yachten, gehören zum Leistungsumfang von Klassifikationsgesellschaften. [18, S. 776f.]

Bei der Umsetzung technischer Komponenten für den Yachtbau ist die Abstimmung, Kontrolle und Prüfung beziehungsweise Abnahme zur Zertifizierung durch die Klassifikationsgesellschaft sehr empfehlenswert, wodurch die Einhaltung gewisser im Yachtwesen anerkannter Regelwerke und Vorgaben bestätigt werden kann. [22, 23]

### 2.2.2.1 DNV GL und Lloyd's Register

**DNV GL**, ehemals Germanisch Lloyd (GL), und **Lloyd's Register** (LR) sind zwei bekannte europäische Klassifikationsgesellschaften: [23]

Der Germanische Lloyd (GL), die deutsche Klassifikationsgesellschaft für Schiffe und Yachten mit Hauptsitz in Hamburg, hat sich 2013 nach langer Kooperation mit der norwegischen Klassifikationsgesellschaft Det Norske Veritas (DNV) zur internationalen Klassifikations- und Zertifizierungsgesellschaft DNV GL zusammengeschlossen. [19]

Die 1760 gegründete, älteste Klassifikationsgesellschaft weltweit ist die international tätige Klassifikationsgesellschaft Lloyd's Register (LR) mit Hauptsitz in London, UK. [36]

Beide Gesellschaften sind auch in anderen Bereichen der Industrie und Technik tätig, beispielsweise in der Schiffs- und Offshore-Industrie, der Energiewirtschaft sowie der Öl- und Gasindustrie. [19, 36]

## 2.3 Yachtaufbau

Dieses Kapitel behandelt den Aufbau typischer mittelgroßer Motoryachten, wobei speziell auf die Rumpfform und die Ausführung des Buges eingegangen wird. Einleitend wird zur Veranschaulichung der Aufbau und die Einrichtung einer Motoryacht dargestellt und anhand der Profil- und Deckansichten (Abb. 2.19) übliche Bereiche und Räumlichkeiten gezeigt.

### 2.3.1 Aufbau und Einrichtung

Im Folgenden ist eine in ähnlicher Weise häufig übliche Art des Aufbaus und der Einrichtung einer mittelgroßen Yacht dargestellt. Es handelt sich dabei konkret um eine *Sunseeker 75 Yacht* (Abb. 2.17) mit einer Länge über alles von 22,98 m (75 ft 5 in). [23, 52]



Abb. 2.17: *Sunseeker 75 Yacht*, Übersicht [51]

Die folgende Profilübersicht in Abb. 2.18 zeigt die wesentlichen Bereiche, wie Vorder- und Achterschiff, Bug und Heck, sowie die Deckanordnung mit Bezeichnungen der drei Decks der Yacht: Flybridge, Hauptdeck und Unterdeck.

#### Profilübersicht



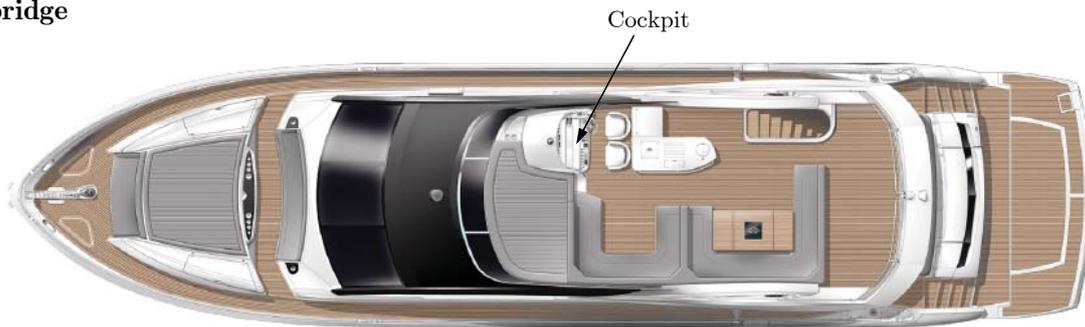
Abb. 2.18: *Sunseeker 75 Yacht*, Profilübersicht [52]

Die Räumlichkeiten und zentralen Komponenten des Ankersystems (Kap. 2.4.4 beziehungsweise Kap. 2.4.5) sind in den Ansichten der folgenden Abb. 2.19 dargestellt und beschriftet.

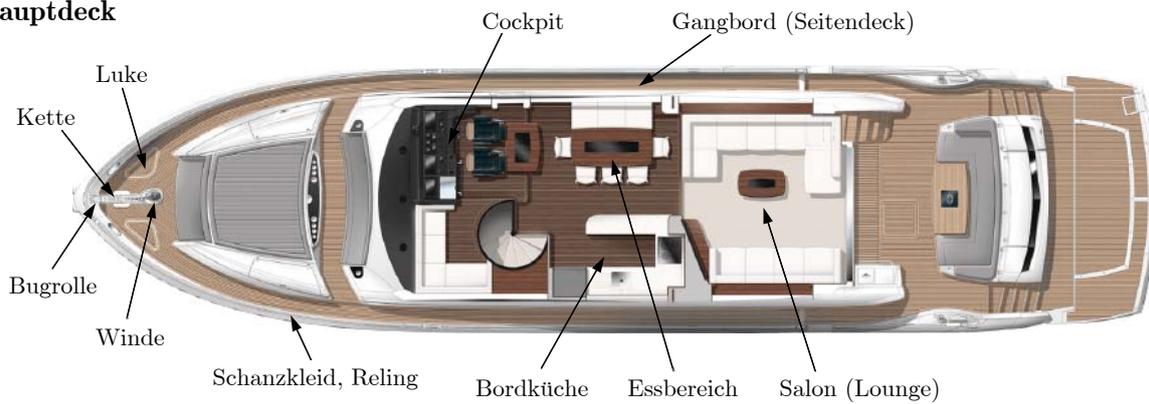
## Profil



## Flybridge



## Hauptdeck



## Unterdeck

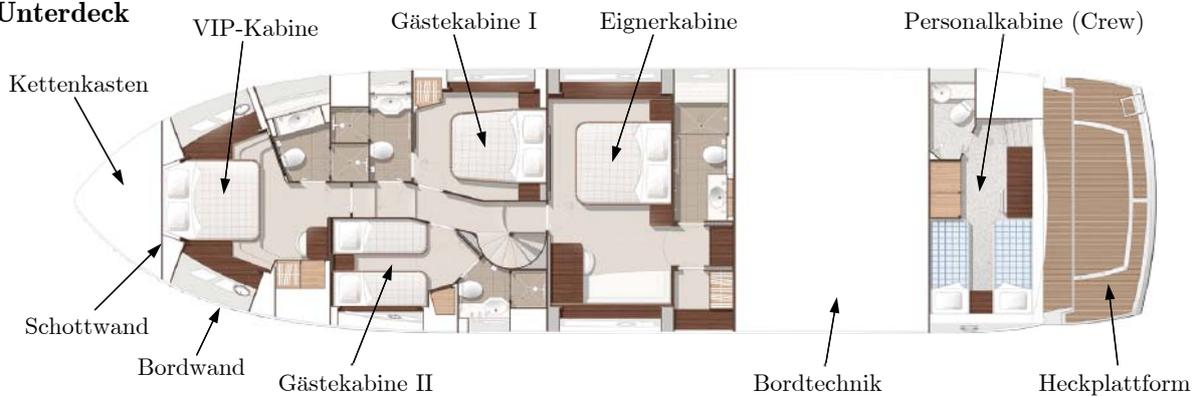


Abb. 2.19: Sunseeker 75 Yacht, Profil- und Deckansichten [52]

In den Ansichten der Abb. 2.19 sind im Bugbereich die wesentlichen Komponenten des Ankersystems der *Sunseeker 75 Yacht* erkennbar. Die in diesen Ansichten dargestellten Positionen des Ankersystems mit Bugrolle (Kap. 2.4.5.1) werden nachfolgend kurz beschrieben. Ausführlichere Details zu Ankersystemen folgen in Kap. 2.4.

Wie in der Profilansicht erkennbar, wird der *Anker* (Delta-Anker, Kap. 2.4.3.3) in der im Schanzkleid integrierten *Bugrolle* gehalten. Das *Schanzkleid* ist die über das Fußbodenniveau des Decks hochgezogene Bordwand, auf der die *Reling* angebracht ist. Vom Anker ausgehend verläuft die *Kette* (Kap. 2.4.4.1) über das Hauptdeck bis zur *Winde* (Kap. 2.4.4.3) und weiter in den darunter befindlichen *Kettenkasten* (Kap. 2.4.4.4), ersichtlich im Bugbereich des Unterdecks. Die *Schottwand* trennt den Wohnbereich der Yacht, wie hier dargestellt die VIP-Kabine, vom Kettenkasten wasserdicht ab. Für den Zugang zum Kettenkasten sind am Hauptdeck, seitlich der über Deck geführten Kette, zwei *Luken* vorhanden. [18, S. 46ff., 52]

Ein Bereich im Unterdeck ist für die Bordtechnik reserviert. Darin befinden sich Komponenten der Versorgungssysteme (Kap. 2.3.4), Teile des Antriebssystems (Kap. 2.1.1.2) und diverse weitere Elemente der Bordtechnik.

In den Kabinen sind neben Schlafmöglichkeiten und Stauräumen auch zugehörige Bad/WC-Bereiche vorhanden. Die Ansichten der Decks zeigen des Weiteren Treppen und diverse Möbel, wie beispielsweise Tische und Sitzmöglichkeiten. [52]

Häufig kann dieselbe Yacht, je nach Kundenwunsch, mit unterschiedlichen Einrichtungsvarianten ausgeführt werden. Im Fall der dargestellten *Sunseeker 75 Yacht* ist eine alternative Einrichtungsgestaltung mit wesentlich größerem Essbereich im Hauptdeck möglich, wobei die Bordküche ins Unterdeck in die Gästekabine II verlegt wird. [52]

## 2.3.2 Rumpf und Bug

Der Rumpf bildet das entscheidende Baumerkmal und die Basis einer Yacht. In der nachfolgenden Abb. 2.20 sind Seiten-, Vorder- und Grundansicht eines Yachtrumpfes, als Längs-, Spant- und Wasserlinienriss bezeichnet, dargestellt und die darin nummerierten Positionen kurz beschrieben:

- 1 **Mittschiffsebene:** Längsschnitt in der Mitte der Yacht
- 2 **Längsschnitte:** vertikale Schnittebenen längs der Yacht, parallel und symmetrisch zur Mittschiffsebene (siehe Spanttriss); in römischen Ziffern (I–IV, beschriftet: Längsschnitt IV)
- 3 **Wasserlinien:** horizontale Schnittebenen; in Buchstaben (A–H, beschriftet: Wasserlinienriss C, entspricht hier der Konstruktionswasserlinie (CWL), s. Abb. 2.21)
- 4 **Spanten:** vertikale Schnittebenen quer zur Yacht; in Zahlen (1–33, beschriftet: Spanttriss 10)

[18, S. 18f.]

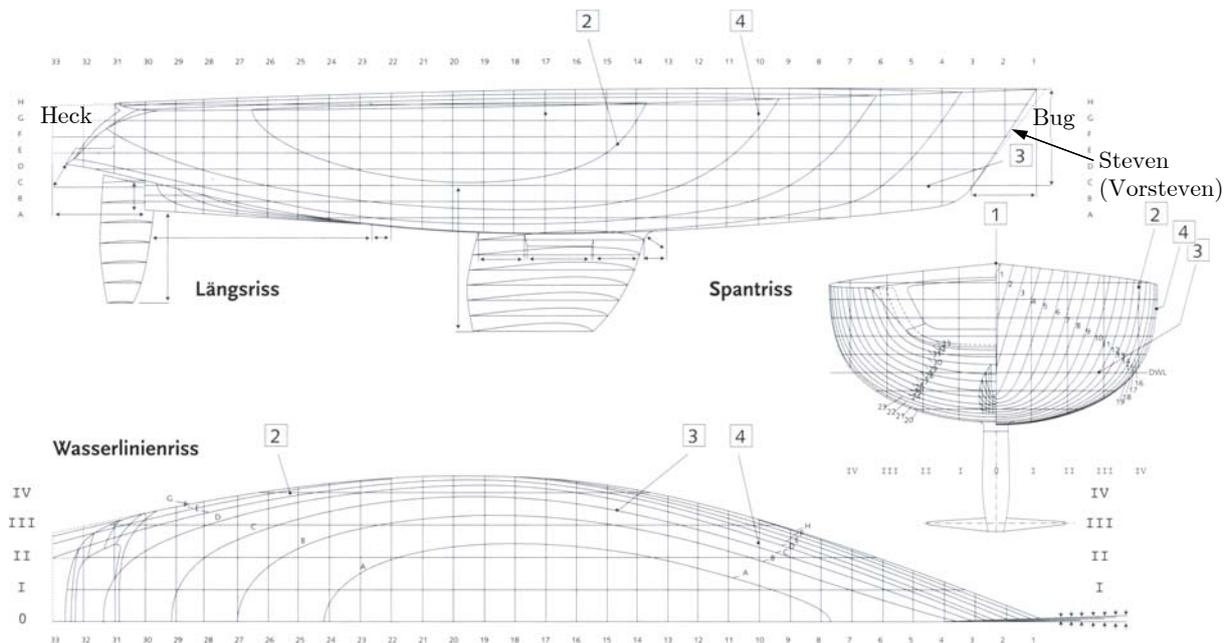


Abb. 2.20: Rumpf, Risse [18, S. 19]

Die Außenhaut des Rumpfes bildet die **Bordwand** deren Form von aussteifenden Rippenenelementen (**Spanten**) gehalten wird. Die am Bug und Heck abschließenden Bauelemente des Rumpfes werden Steven, entsprechend am Bug Vorsteven und am Heck Achtersteven, genannt. Wie häufig üblich, wird im Folgenden der Vorsteven beziehungsweise die damit verbundene Form des Buges einfach abgekürzt als **Steven** bezeichnet. [18, S. 32]

Die im Kap. 2.1.2 bereits betrachtete Länge über alles, ist wie schon erwähnt, die Rumpflänge, gemessen zwischen den beiden äußersten Punkten an Vor- und Achtersteven. Grafisch dargestellt ist die Länge über alles (Lüa) in der nachfolgenden Abb. 2.21, worin auch weitere Maßangaben betreffend den Rumpf eingezeichnet sind. Die Konstruktionswasserlinie (CWL oder auch DWL) wird bei der Planung der Yacht festgelegt und weicht von der tatsächlichen Wasserlinie (WL) durch die mögliche unterschiedliche Beladung der Yacht ab. Unterschiedliche Beladungen ergeben sich beispielsweise durch Zusatzausstattung und mitgeführte Objekte oder auch durch sich ändernde Lasten wie beispielsweise Treibstoff- oder Frischwassermenge. Entscheidende Faktoren des Rumpfes für das Fahrverhalten und die Stabilität einer Yacht sind die Länge Wasserlinie (LWL) und die Breite Wasserlinie (BWL). Weitere in Abb. 2.21 eingezeichnete Abmessungen sind Überhänge vorne und achtern (Üv, Üa), Tiefgang (T), Freibord (F), Decksprung (D), Balkenbucht (Ba) und die Breite über alles (Büa). [18, S. 30ff.]

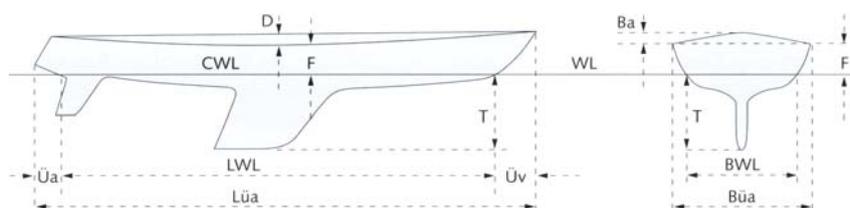


Abb. 2.21: Maße am Rumpf [18, S. 31]

### 2.3.2.1 Verdrängung

Die Verdrängung, häufig auch mit der englischen Übersetzung *Displacement* bezeichnet, gibt die Menge des von der Yacht verdrängten Wassers an und ist damit, neben der Länge über alles, als Gewichtsindiz maßgeblich kennzeichnend für die Größe einer Yacht. Die Angabe der Verdrängung kann durch das vom Rumpf im Wasser verdrängte Volumen in Kubikmetern, häufiger aber durch die Angabe der Masse des verdrängten Wassers in Tonnen angegeben werden. Die Verdrängung und die Länge über alles stehen in Bezug zueinander und korrelieren für Yachten mit ähnlicher Rumpfform. [18, S. 32, 23]

### 2.3.2.2 Bugformen

Als Bug wird, wie in Abb. 2.18 und Abb. 2.20 ersichtlich, der Bereich des vorderen Schiffsendes bezeichnet. Die Bugform einer Yacht wird durch den Rumpf im Bugbereich, hauptsächlich durch die Form des Stevens aber auch durch die Form der Spanten, gebildet. Die Form des Buges steht dabei in engem Zusammenhang mit der Rumpfform der Motoryacht als Verdränger, Gleiter oder Halbgleiter (s.Kap. 2.1.1.2). [18, S. 32, 23]

Wie in Abb. 2.22 gezeigt, unterscheiden sich verschiedene Bugformen durch die Neigung und den Verlauf des Stevens. Die schematische Darstellung zeigt eine grobe Übersicht unterschiedlicher Bugformen, gereiht nach der Neigung beziehungsweise dem Überstand des Stevens.

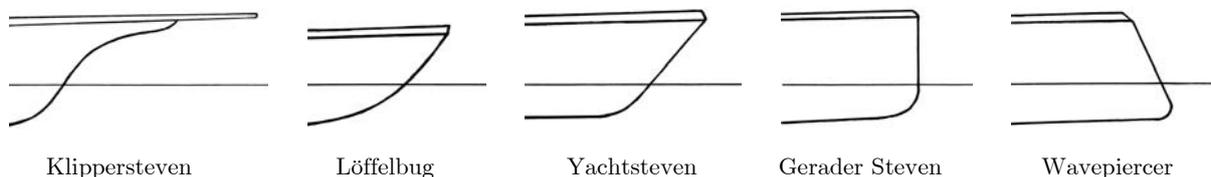


Abb. 2.22: Bugformen nach der Form des Vorstevens (Profilansicht; Schema) [i.A.a.18, S. 34, 23, i.A.a.42]

Die typische und gängigste Bugform für Motoryachten ist der klassische **Yachtstevens**, ausgeführt in unterschiedlich starker aber gleichmäßiger Neigung. Die bisher abgebildeten Yachten weisen diese Bugform auf, wie beispielsweise im Profil der *Sunseeker 75 Yacht* in Abb. 2.18 ersichtlich. [23]

Ein **gerader Steven** hat einen sehr gering geneigten beziehungsweise annähernd senkrechten Yachtstevens und ist ebenfalls eine mögliche und durchaus verbreitete Bugform für Motoryachten. Wie in der Aufgabenstellung in Kap. 3.1 näher beschrieben, sind Yachten mit einer solchen Bugform für diese Arbeit von besonderer Bedeutung. Die Ausarbeitung der Konstruktion in Kap. 5 wird demnach an einem konkreten Bug mit geradem Steven durchgeführt. In Kap. 3.3.6.1 ist als Referenz yacht zur Aufgabenstellung die *E 54 SUY* von *Energy Yachts* mit deutlich erkennbarem geradem Steven gezeigt. [18, S. 34, 23]

Eine spezielle Art der Bugformgestaltung, bezeichnet als **Wavepiercer**, beschreibt einen negativ geneigten Vorsteven. Damit wird eine Yacht beim Anlaufen einer Welle nicht wie üblich über diese hinweg, sondern durch die Welle hindurch bewegt. Dieses Durchstechen von Wellen gibt der Bugform ihren Namen. In der folgenden Abb. 2.23 ist zur Veranschaulichung das beschriebene Wellenverhalten eines typischen Yachtstevens (li.) und jenes eines Wavepiercers (r.) schematisch dargestellt. Im Vergleich zu den typisch geneigten Yachtstevens und den geraden Steven ist der Wavepiercer eine weniger weit verbreitete Bugform. Wavepiercer werden daher eher in speziellen Fällen auf größeren Motoryachten mit ausgefallenem Design, wie beispielsweise der in Abb. 2.24 dargestellten *Palmer Johnson SuperSport 72M*, umgesetzt. [10, 23, 43]

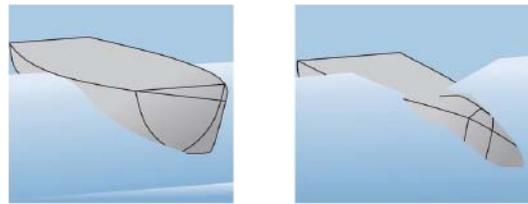


Abb. 2.23: Bugformvergleich und Wellenverhalten (Schema): Yachtstevens (li.) und Wavepiercer (r.) [10]



Abb. 2.24: *Palmer Johnson SuperSport 72M*, Wavepiercer [42]

**Klipperstevens** werden für Yachten im klassischen Stil, wie beispielsweise auch für größere Segelyachten vom Typ *Schooner* (s.Abb. 2.1), verwendet. Für typische Motoryachten ist diese Bugform jedoch unüblich. Auch der **Löffelbug**, mit im Vergleich zum Yachtstevens geschwungen geformtem Steven, ist bei Motoryachten eher selten ausgeführt, findet aber teilweise bei gewissen Segelyachten Verwendung. Eine weitere, bei Yachten allgemein nicht gebräuchliche und daher auch nicht abgebildete Bugform ist der **Prahmstevens**, bei dem ein platter Abschluss die Bugform bildet. Der Bug schließt dabei mit einer Fläche und nicht wie bei den bisher gezeigten Bugformen mit einer spitzen, entlang des Stevens verlaufenden Kante ab. [18, S. 32ff., 23]

### 2.3.2.3 Weitere Rumpfformen

Weitere den Rumpf prägende Formen haben neben der Bugform ebenfalls erheblichen Einfluss auf das Verhalten einer Yacht auf See. Da im Rahmen dieser Arbeit aber das Augenmerk auf das Vorderschiff beziehungsweise die Bugform gelegt wird, werden diese weiteren Formen wie folgt nur kurz genannt und nicht näher behandelt.

Die **Spantbauweise**, die Form der einleitend in Kap. 2.3.2 erwähnten Spanten, gibt maßgeblich die Rumpfform entlang einer Yacht vor. Je nach Form der Spanten, beispielsweise ersichtlich im Spantschnitt der Abb. 2.20, sind unterschiedliche Ausführungsformen des Rumpfes mit Bezeichnungen wie *Rund-*, *Knick-*, *U-* oder *V-Spant* umgesetzt. [18, S. 33]

In ähnlicher Weise wie die verschiedenen Bugformen sind auch unterschiedliche **Heckformen** möglich. Ein bei Motoryachten häufig anzutreffender platter Abschluss des Achterstevens wird als *Spiegel* bezeichnet (siehe Heck in Abb. 2.18 und Abb. 2.20). [2, S. 24, 18, S. 32ff.]

Am Rumpfboden befindliche **Kielformen** (beispielsweise als *Flossen* ausgebildet) und die Ausführung der **Ruderanlage** sind ebenfalls den Rumpf formgebende Elemente. [2, S. 24, 18, S. 41ff.]

Im Gegensatz zu klassischen **Einrumpfformen** (*Monohulls*) sind auch **Mehrrumpfformen** (*Multihulls*) wie Katamarane oder Trimarane möglich. Bei Motoryachten sind solche Rumpfformen jedoch eine etwas kleinere, eher exotische Randgruppe. [2, S. 24, 18, S. 36f.]

### 2.3.3 Werkstoffe

Die für den Bau des Rumpfes am häufigsten verwendeten Werkstoffgruppen sind glasfaserverstärkte Kunststoffe (GFK), Aluminiumlegierungen und seewasserbeständige Stähle. Zur optischen Gestaltung und zum Schutz gegen Korrosion und Witterungseinflüsse wird auf die Bordwand eine Lackschicht aufgetragen. Holz als Konstruktionswerkstoff des Rumpfes wird bei Segelyachten nur in Ausnahmefällen und bei Motoryachten üblicherweise nicht verwendet. Zur Beplankung der Decks ist Holz jedoch ein weit verbreiteter Werkstoff. [18, S. 182, 23]

Bei der Werkstoffwahl für das Interieur einer Yacht sind im Grunde kaum Grenzen gesetzt. So sind auf Luxusyachten durchaus sehr ausgefallene Werkstoffe wie edle Holzsorten oder Marmor zu finden.

### 2.3.4 Versorgungssysteme

Um den Betrieb einer Yacht überhaupt zu ermöglichen sind gewisse Systeme an Bord unabdingbar. Das zentrale System bildet dabei die Energieversorgung der Yacht.

#### 2.3.4.1 Energieversorgung

An Bord einer Yacht sorgt üblicherweise ein Verbrennungsmotor für die Bereitstellung der erforderlichen Energie. Neben dem Hauptnutzen, dem Antrieb der Yacht, werden damit auch Aggregate für die **Stromversorgung** betrieben. Dafür wird häufig ein separater Generatormotor oder auch der Motor des Yachtantriebs direkt eingesetzt. Bei zunehmender Yachtgröße sorgen üblicherweise auch **Hydrauliksysteme** für die Bereitstellung der erforderlichen Energie zum Antrieb hydraulischer Aktuatoren. [18, S. 96,102ff.]

Gespeichert wird elektrische Energie in Akkumulatoren (Bordbatterien) und kann zusätzlich auch aus alternativen Quellen gewonnen werden. Zu den auf Yachten eingesetzten Systemen zählen Solarzellen sowie seltener auch Wind- und Wellengeneratoren. Bei Segelyachten werden teilweise auch Wellengeneratoren verwendet, welche durch die entstehende Strömung beim Laufen unter Segeln angetrieben werden. [18, S. 102ff.]

Die Bordspannung beträgt üblicherweise 12 V oder 24 V Gleichstrom, kann aber mittels Wechselrichter auf 230 V Wechselstrom gewandelt werden, um beispielsweise den Anschluss handelsüblicher Haushaltsgeräte an Bord zu ermöglichen. [18, S. 102ff.]

#### 2.3.4.2 Informationsversorgung

Die Informationsversorgung ist sehr wichtig für die Sicherheit an Bord einer Yacht. Dazu zählen neben Kommunikationssystemen zur Funk- oder Satellitenkommunikation auch meteorologische Messinstrumente zur Feststellung der Seewettersituation und vor allem Navigationssysteme. Diese dienen zur Positionsbestimmung, üblicherweise mittels GPS, zur Feststellung der Umgebungssituation durch Radaranlagen und zur Auslotung des Grundes mittels Echolot. Auch klassische Hilfsmittel wie Kompass oder Sextant werden zur Navigation eingesetzt. Unterstützt werden Navigationssysteme auch durch das Log (Messung der Fahrtstrecke und Geschwindigkeit) und durch Seekarten. [18, S. 123ff.,444ff.,603ff.]

#### 2.3.4.3 Grundversorgungs- und Raumklimasysteme

Weitere Systeme an Bord einer Yacht dienen der menschlichen Grundversorgung und der Erhaltung und Förderung eines angenehmen Wohnklimas. Dazu gehören unter anderem die Trinkwasserversorgung, die Brauchwasserversorgung, Abwasser- und Toilettensysteme, Heizungen sowie vor allem Klimaanlage, Belüftungs-, Luftfilter- und ähnliche Raumklimasysteme. [18, S. 114ff.]

## 2.4 Grundlagen des Ankerns

Um eine Yacht auf See in einer gewissen Position beziehungsweise in einem gewissen Bereich um diese Position zu halten ist üblicherweise **Ankern** mittels geeigneter Ankersysteme erforderlich. Das System und die betreffenden Komponenten zum Ankern von Yachten stehen im Fokus dieser Arbeit. Auf alternative Systeme, wie beispielsweise GPS-gekoppelte Pod-Antriebe, welche durch navigationsgeregelte Antriebssysteme die Yacht ohne zu Ankern in Position halten, wird nicht näher eingegangen. [18, S. 184]

Im Folgenden wird nach einer einleitenden Erklärung relevanter seemännischer Begriffe zur Darstellung eines üblichen Ankervorgangs der Ablauf eines typischen Ankermanövers beschrieben. Anschließend wird auf die Komponenten des Ankersystems, vor allem auf das Kernelement, den Anker, näher eingegangen. Nach dieser Erklärung und Funktionsbeschreibung einzelner Komponenten wird der Aufbau von Ankersystemen als Ganzes betrachtet.

Im Gegensatz zum Ankern erfolgt das **Anlegen** in Yachthäfen in den meisten Fällen ohne Verwendung des Ankers, sondern durch Fixieren der Yacht mittels Leinen am Anlegeplatz (Vertäuen am Anleger oder am Pier) oder an geeigneten unter Wasser befindlichen Befestigungsmöglichkeiten des Hafens (Mooring). Typische angelegte Yachten sind in der Abbildung des Yachthafens *Porto Montenegro* in Abb. 2.13 ersichtlich. Beim Befestigen der Yacht mit Leinen an vorgesehenen Bojen, meist vor Häfen oder Buchten, ist die Verwendung des Ankers ebenfalls nicht erforderlich. [2, S. 103ff.,124]

### 2.4.1 Bezeichnungen

Zum besseren Verständnis folgt die Erläuterung einiger in der Seefahrt und im Schiffswesen gebräuchlicher und für den Ankervorgang relevanter Begriffe.

#### **Anker fallen lassen**

Das Absenken eines Ankers ins Wasser wird nicht wie im Sprachgebrauch oftmals üblich mit „auswerfen“ oder „werfen“, sondern mit „fallen lassen“ des Ankers bezeichnet. Das Kommando zum Absenken des Ankers und damit zum Ankern der Yacht lautet dementsprechend „Fallen Anker!“. Greift der Anker im Grund, so hat er „gefasst“. [18, S. 280f.]

#### **Kette stecken**

„Stecken“ der Ankerkette bedeutet das Nachlassen und damit Verlängern der gesteckten Kettenlänge. Die gesteckte Kettenlänge entspricht der ausgelassenen Ankerkette. [2, S. 120]

## **Vor Anker liegen**

„Vor Anker liegen“ oder auch nur „Ankerliegen“ einer Yacht bedeutet, dass der Anker fallen gelassen wurde und am Grund gefasst hat. Die Yacht schwojet dabei in gewisser Weise um den Anker. [18, S. 282]

## **Schwojen vor Anker**

Unter „Schwojen“ versteht man das Drehen beziehungsweise Treiben einer vor Anker liegenden Yacht um seinen Anker, bedingt durch Wind und Strömung. Der mögliche Bereich in dem eine Yacht schwojen kann ist dabei von den Ankerbedingungen, wie Kettenlänge oder zweitem ausgebrachten Anker, abhängig. Die tatsächliche Ausrichtung in welche eine Yacht je nach Wind und Strömung treibt, hängt von der jeweiligen Form und Größe der Yacht ab. [18, S. 279]

## **Anker lichten**

Beim Heben des Ankers wird neben dem gebräuchlichen Begriff des „Lichtens“ auch „Hieven“ oder „Einholen“ des Ankers verwendet. Das Lösen eines Ankers aus dem Grund nennt man „Ausbrechen“. Ein „unklar“ gewordener Anker bezeichnet einen in anderen Ankerketten verhängten oder am Grund so verhakten Anker, dass ein einfaches Ausbrechen nicht ohne weiteres möglich ist. Methoden um unklar gewordene Anker freizubekommen, beispielsweise mittels Tauchen oder geeigneter Manöver, nennt man „Klarieren“. [18, S. 288ff.]

## **Anker ist gelichtet**

Beim gelichteten Anker ist der Vorgang des Einholens des Ankers abgeschlossen, der Anker wieder auf die Yacht zurück gehoben und an Bord gestaut. [18, S. 288ff.]

## **Achtersaus laufen**

„Achtern“ ist eine im Schiffswesen gebräuchliche Ausdrucksform für „hinten“. „Achtersaus laufen“ entspricht daher dem Rückwärtsfahren der Yacht. Wie in Abb. 2.19 oder Abb. 2.20 dargestellt, bezeichnet „Achterschiff“ den hinteren Teil und „Vorderschiff“ den vorderen Teil einer Yacht. [2, S. 102, 18, S. 244]

## **2.4.2 Ankermanöver**

### **2.4.2.1 Ankergründe und Ankerplätze**

Um einer Yacht beim Ankern sicheren Halt zu geben, muss der Anker Grund fassen und sich dazu nach dem Pflugscharprinzip mit seinen Flunken (s. Abb. 2.40) entsprechend gut in den Ankergrund graben können. Die Beschaffenheit des Bodens spielt dabei eine entscheidende Rolle. [18, S. 278]

**Sand oder Ton** sind als Ankergrund sehr gut geeignet, da sich die Flunken schnell und relativ widerstandslos eingraben (Abb. 2.25) und auch ein Ausbrechen des Ankers zum Lösen aus dem Ankergrund leicht möglich ist. In Abb. 2.55 (r.) ist das Eingraben eines Ankers vom Typ Seahawk in sandigen Ankergrund ersichtlich. [2, S. 118]

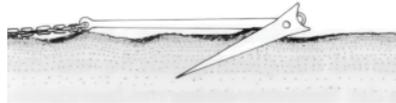


Abb. 2.25: Sand oder Ton; Anker fasst sehr gut [50, S. 26]

**Kies und kleinere Steine** sind nur mäßig gut geeignete Ankergründe (Abb. 2.27). Wird Sand oder Ton von einer Schicht aus kleineren Steinen bedeckt, kann der Anker besser fassen wenn er durch diese Schicht bis in den darunter befindlichen Grund durchdringen kann. Ebenfalls in Abb. 2.55 (li.) ist das Eingraben des Seahawk in Schottergrund dargestellt. [2, S. 118]

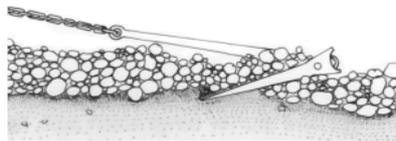


Abb. 2.26: Mit kleinen Steinen bedeckter Sand oder Ton; Anker fasst mäßig gut [50, S. 26]

**Weicher Lehm und Schlick** sind als Ankergründe nicht ideal, da die Anker im Grund einsinken (Abb. 2.28), sich im weichen Boden festsaugen und daher möglicherweise nur schwer wieder auszubrechen sind. [2, S. 118]

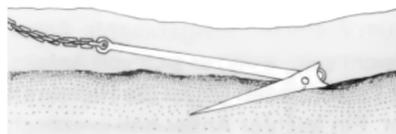


Abb. 2.27: Lehm oder Schlick; Anker fasst, ist aber schwer wieder auszubrechen [50, S. 26]

**Verkrautete Böden** sind schlechte Ankergründe, da vor allem kleinere und leichtere Patentanker nur schwer bis zum Grund durchdringen und fassen können (Abb. 2.28). [2, S. 118, 18, S. 278]



Abb. 2.28: Verkrauteter Boden; Anker dringt nicht zum Grund durch und fasst nicht [50, S. 26]

**Große Steine und Fels** sind sehr schlechte Ankergründe, da der Anker nur sehr schwer fassen kann und wenn er beispielsweise in einer Felsspalte gefasst hat, möglicherweise gar nicht mehr aus dieser zu lösen ist. [2, S. 118]

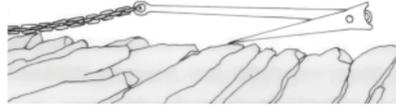


Abb. 2.29: Fels; Anker fasst nicht [50, S. 26]

Ein geeigneter Ankerplatz sollte neben einer guten Ankergrundbeschaffenheit auch den nötigen Schutz gegen Wind und See bieten. In Seekarten sind empfohlene Ankerplätze häufig mit dem Symbol eines Ankers markiert (Ankersymbol s.Abb. 2.41). [2, S. 117f., 18, S. 278]

Zu Ankern ist unbedingt außerhalb von Fahrwässern und Ankerverbotzonen sowie in einem ausreichend großen Abstand zu anderen vor Anker liegenden Schiffen, um ein Überkreuzen ausgelegter Ankerketten zu vermeiden und um den ankerliegenden Schiffen ein Schwojen um ihre Anker ohne Kollision zu ermöglichen. Zur Markierung der Position des Ankers wird eine Kennzeichnung mittels Ankerboje empfohlen, die mit einer Trippleine (Bojereep) am Anker befestigt wird (s.Abb. 2.30). Die Trippleine kann zudem zum leichteren Lösen bei schwer loszubrechendem Anker oder auch zum Klarieren des Ankers, bei von anderen Ketten oder Leinen überkreuzter Ankerkette, hilfreich sein. [2, S. 117f., 18, S. 278ff.]

#### 2.4.2.2 Kettenlänge

Die zum Ankern verwendete, gesteckte Kettenlänge sollte mindestens das Sechsfache der Wassertiefe betragen. Zudem gilt allgemein, dass eine eher länger gesteckte Ankerkette jedenfalls von Vorteil ist. In Abb. 2.30 ist schematisch eine vor Anker liegende Yacht mit ungefähr sechsfacher gesteckter Ankerkette dargestellt. [2, S. 116, 18, S. 280]

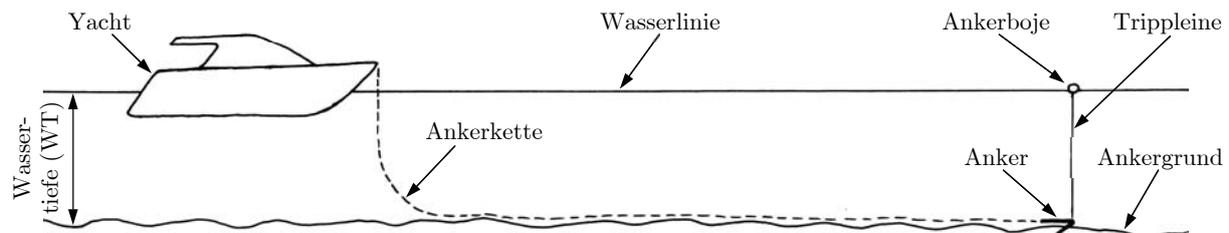


Abb. 2.30: Vor Anker liegende Yacht (Schema)

In Seekarten ist die Wassertiefe oft angegeben. Es empfiehlt sich jedoch sich nicht alleine auf diese Angaben zu verlassen, sondern die tatsächliche Wassertiefe des Ankerplatzes selbst auszuloten. Bei Tidengewässern, also Gewässern mit zeitenabhängiger Wassertiefe, ist neben der Änderung der Strömungsrichtung auch die Änderung der Wassertiefe von Niederwasser zu Hochwasser zu berücksichtigen. Um in möglicherweise tieferen Gewässern noch sicher ankern zu können, sollte die Gesamtlänge der mitgeführten Kette auch dementsprechend lange genug sein. [18, S. 278ff.]

Eine ausreichend lange gesteckte Ankerkette ist erforderlich um den Ankerschaft am Boden und damit den Anker im Grund gefasst zu halten. Das Eigengewicht der Kette hält dabei die Kette selbst und den an ihrem Ende angebrachten Ankerschaft am Boden. Um also überhaupt im Grund fassen zu können und um das ungewollte Lösen des Ankers zu verhindern, wird eine ausreichend lange gesteckte Kette benötigt. Zudem trägt, neben dem gefassten Anker, die am Grund liegende Kette einen erheblichen Beitrag zum Halt der Yacht bei. [2, S. 120, 18, S. 278ff., 22]

Bei stärkerem Wind und stärkerer Strömung wird die Ankerkette mehr gespannt und hebt sich dadurch zunehmend vom Grund ab, wie in Abb. 2.31 dargestellt. Das Abheben der Ankerkette vom Grund darf dabei nicht bis zum Anker geschehen, da dieser sich sonst unkontrolliert aus dem Grund lösen könnte. Eine ausreichend lang gesteckte Ankerkette gewährleistet, dass auch bei stärkerem Wind beziehungsweise Strömung, noch eine gewisse Restlänge der Ankerkette am Grund liegen bleibt. [18, S. 278ff.]

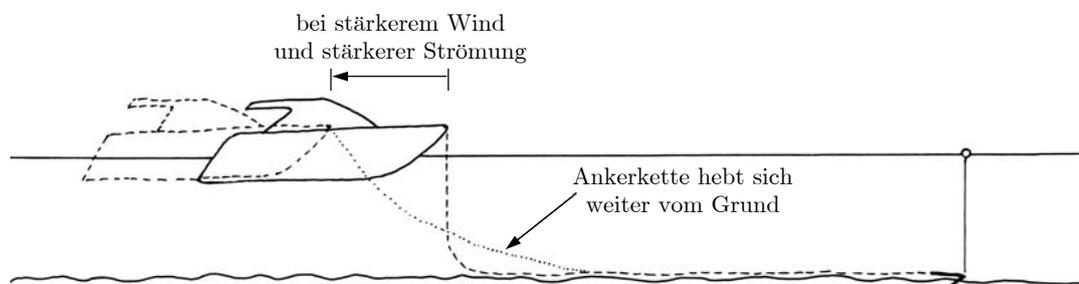


Abb. 2.31: Abheben der Ankerkette vom Grund bei Wind und Strömung (Schema)

Eine lang gesteckte Ankerkette wirkt außerdem dämpfend auf Bewegungen der Yacht bedingt durch den Seegang. Leichtes Spannen und Entspannen des Kettendurchhangs, Abheben der Ankerkette vom Grund sowie die Trägheit und der Widerstand bei Bewegung der Kette im Wasser wirken entsprechend dämpfend (s.Abb. 2.32). [18, S. 278ff., 23]

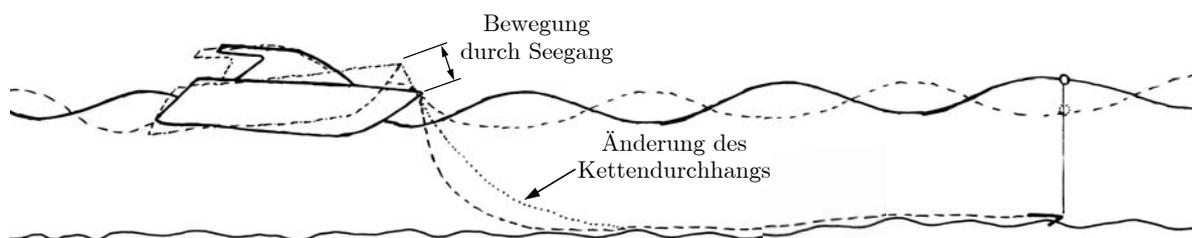


Abb. 2.32: Änderung des Kettendurchhangs bei Bewegung der Yacht durch Seegang (Schema)

Käme es hingegen bei einer zu kurz gesteckten Ankerkette zum gänzlichen Abheben der Kette vom Grund, würden die Bewegungen der Yacht relativ ungedämpft und dementsprechend unsanft auf den Anker übertragen werden, der sich durch die höhere und geneigte Zugkraft leicht aus dem Grund lösen könnte (s.Abb. 2.33). Eine solche ungedämpfte Bewegung beziehungsweise Belastung wäre einerseits sehr unangenehm für die an Bord der Yacht befindlichen Personen und andererseits ungünstig für die Yacht selbst, wie beispielsweise für die Komponenten

des Ankersystems. Um dies zu unterbinden kann, wie auch im Kap. 2.4.4.3 angesprochen, bei Überschreiten einer gewissen Zugbelastung auf die Ankerwinde die Kette entsprechend nachgelassen werden. [18, S. 278ff., 23]

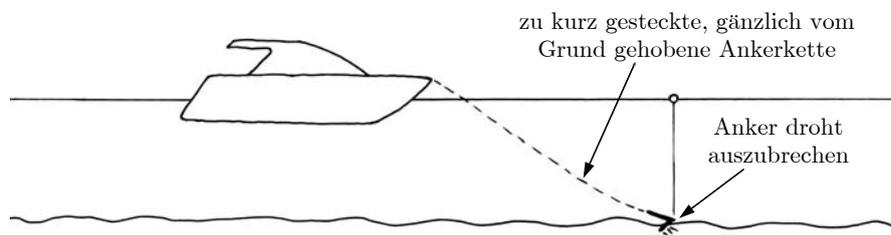


Abb. 2.33: Zu kurz gesteckte, gänzlich vom Grund gehobene Ankerkette (Schema)

Zusammenfassend ist zum Ankern die Verwendung einer entsprechend lang gesteckten Ankerkette unbedingt erforderlich. Lange genug um in jedem Fall eine gewisse am Grund liegende Restlänge der Kette zu gewährleisten, bei stärkerem Wind, stärkerer Strömung und auch bei durch den Seegang bedingten Bewegungen der Yacht. [18, S. 278ff., 22, 23]

Neben Ankersystemen mit konstant gehaltener Länge der gesteckten Ankerkette können auch Systeme mit geregelten Ankerwinden für variable Kettenlängen zum Einsatz kommen, welche je nach Bedingungen die benötigte Kettenlänge in gewissem Maße nachgeben (stecken) und möglicherweise auch wieder einholen können (s.Kap. 2.4.4.3).

### 2.4.2.3 Ankermanöver und Ankervorgang

Im Folgenden wird der Ablauf eines typischen Ankervorgangs einer Yacht zum Ankern mit einem einzelnen Anker über ein am Bug befindliches Ankersystem beschrieben.

Auf das Ankern mit mehr als einem Anker, beispielsweise durch zusätzliche Heckanker oder mit zwei Bugankern, wird nicht näher eingegangen. Ebenso werden Methoden zum Klarieren unklar gewordener Anker, zum Beispiel durch Zuhilfenahme des Dingis (kleines Beiboot), nicht behandelt.

#### Klarmachen zum Ankern

Hat man einen geeigneten Ankerplatz gewählt, läuft man die Stelle, an der geankert werden soll, an und bereitet sich auf das Fallenlassen des Ankers vor, sofern der Anker nicht generell „klar zum Fallen“ gefahren wird (Abb. 2.34). Das Klarmachen zum Ankern umfasst beispielsweise das Lösen etwaiger Sperren von Ankerwinden oder Bugrollen und auch, sofern erforderlich, das Anbringen einer Ankerboje. Bei manchen Ankersystemen kleinerer Anker, wie beispielsweise zusätzlicher Heckanker, muss beim Klarmachen zum Fallenlassen der Anker erst von Hand aus einem Stauraum an Bord geholt werden.

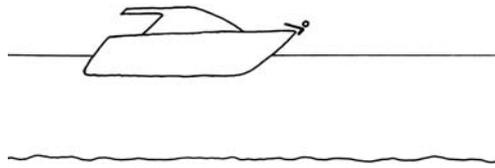


Abb. 2.34: Klarmachen zum Ankern (Schema)

### Fallen Anker

Wenn das Kommando zum Fallenlassen des Ankers erteilt wurde, wird der Anker durch gebremstes Stecken der Kette ins Wasser und weiter bis auf den Grund abgesenkt (Abb. 2.35). Hat der Anker den Grund erreicht, sollte über ihm die Kette nicht weiter nachgegeben werden, da sich diese dadurch leicht um den Ankerschaft oder die Flunken schlingen könnte.

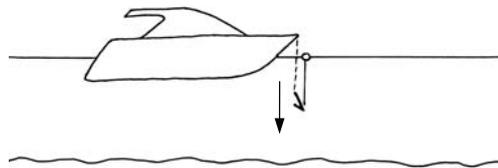


Abb. 2.35: Fallenlassen des Ankers

### Achtersaus Laufen und Festfahren des Ankers

Nach dem Absenken des Ankers läuft man gemäßigt achtersaus, entweder unter Motor oder indem man die Yacht durch den Wind oder die Strömung dementsprechend treiben lässt und steckt mit leichtem Zurückhalten die Kette (Abb. 2.36). Dabei kann sich die Kette in einer möglichst guten Linie, ausgehend vom Anker, am Grund ablegen.

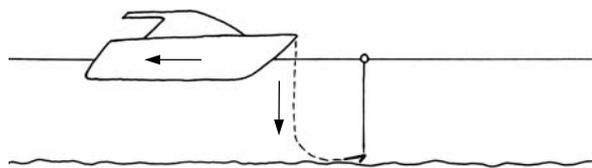


Abb. 2.36: Achtersaus Laufen und Stecken der Ankerkette

Damit der Anker im Grund fassen kann, stoppt man das Auslassen der Kette bei etwa halber zu steckender Kettenlänge, wodurch die Ankerkette in einem relativ flachen Winkel zum Grund etwas angespannt wird und der Anker sich in den Grund graben kann (Abb. 2.37).

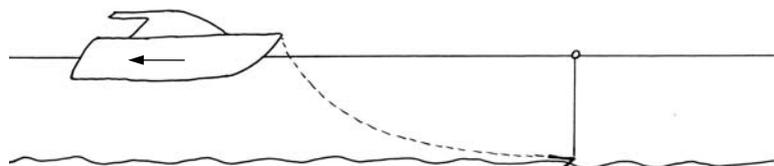


Abb. 2.37: Festfahren des Ankers

Hat der Anker im Grund gefasst, lässt man die Kette weiter nach bis die erforderliche Kettenlänge gesteckt ist.

## Ankerliegen

Die Yacht liegt vor Anker, wenn der Anker im Grund gefasst hat und die benötigte Kettenlänge ausgelassen wurde (Abb. 2.38). Je nach Wind und Strömung schwojet die Yacht dabei um den Anker. Auch ein Nachrutschen des Ankers im Grund (Schlieren) ist nicht unüblich. Eine Ankerwache beobachtet die eigene Position, ob der Anker gefasst bleibt oder in welchem Ausmaß er schliert und ob unter gewissen Umständen eine längere Ankerkette erforderlich wird. Auch das Wetter, vor allem der Wind und die Strömung, werden von der Ankerwache beobachtet. Als Kennzeichen für das Ankerliegen einer Yacht wird ein Ankerball gesetzt (an der Yacht sichtbar angebracht, schwarzer Signalball) und bei Dunkelheit beziehungsweise schlechter Sicht ein Ankerlicht (Ankerlaterne) geführt.

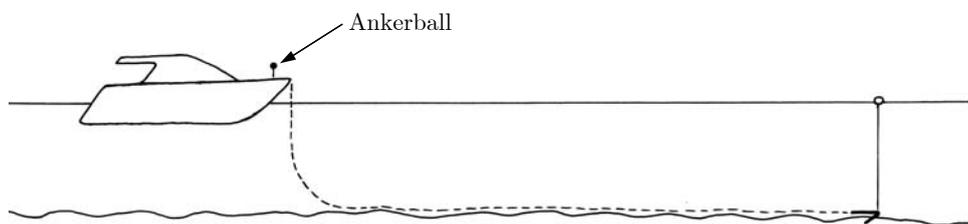


Abb. 2.38: Ankerliegen

## Anker lichten

Zum Lichten des Ankers läuft man unter Maschine zur Position über dem gefassten Anker und löst diesen durch Zug an der Ankerkette (Abb. 2.39). Der Anker wird dabei kontrolliert aus dem Grund ausgebrochen und über Einholen der Kette aus dem Wasser gehoben.

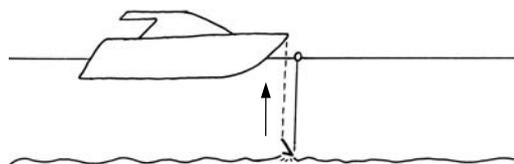


Abb. 2.39: Anker lichten

[2, S. 118ff., 18, S. 280ff.]

## 2.4.3 Anker

Nach dem Wirkprinzip kann man Anker in zwei Konzeptgruppen unterscheiden:

**Gewichtsanker**, deren Haltekräfte sich in erster Linie aus dem relativ hohen Eigengewicht der Anker ergeben.

**Patent- oder Leichtgewichtanker**, welche durch ihre spezielle Formgebung gut im Grund gefasst bleiben und so hohe Haltekräfte bei relativ geringem Eigengewicht aufweisen. Ein gewisses Mindestgewicht des Ankers ist aber in jedem Fall erforderlich, um ein Eingraben und damit

Fassen des Ankers im Grund überhaupt zu ermöglichen. Außer den im Aufbau beschriebenen Stock- oder Admiraltätsanker sind alle weiteren beschriebenen Ankertypen Leichtgewichtanker. [2, S. 115, 18, S. 91]

### 2.4.3.1 Anker Aufbau

Der Aufbau mit Bezeichnung einzelner Komponenten eines Ankers ist in der folgenden Abb. 2.40 anhand eines *Stock-* oder *Admiraltätsankers* gezeigt. Dieser Gewichtsanker hat nur mehr historische Bedeutung und wird im Yachtwesen nicht mehr verwendet, da ihm moderne Ankertypen weit überlegen sind. Das geläufige Ankersymbol, wie in Abb. 2.41 erkennbar, leitet sich von der Form dieses Ankertyps ab. [18, S. 91]

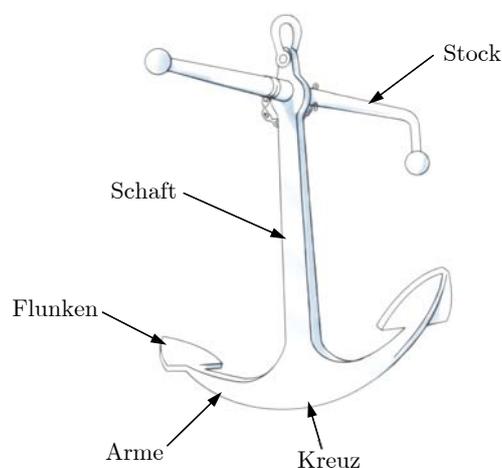


Abb. 2.40: Stockanker, Anker Aufbau [18, S. 92]

Die **Flnken** sorgen dafür, dass ein Anker sich in den Grund graben und in weiterer Folge Halt fassen kann. Arme bilden die Verbindung der Flunken mit dem **Schaft**, an dessen hinterem Ende die Ankerkette (Kap, 2.4.4.3) über ein geeignetes Verbindungsglied (Kap. 2.4.4.2) angebracht wird. Am anderen Ende des Schafts, im Bereich der Flunken, befindet sich der als Kreuz bezeichnete vordere Teil des Ankers. Daran kann, wenn nötig, die Ankerboje befestigt werden. Der quer zur Fläche der Flunken orientierte Stock sorgt für eine geeignete Lage des Ankers am Grund, sodass sich die Flunken in Richtung Boden gedreht in den Grund graben können. Viele gängige Ankertypen sind auch ohne Stock ausgeführt.



Abb. 2.41: Ankersymbol, (li.) im Logo von DNV (vor dem Zusammenschluss zu DNV GL, Kap. 2.2.2.1) [16]

### 2.4.3.2 Ankergröße

Die Ankergröße wird durch das Gewicht des Ankers angegeben. Allgemein nimmt die erforderliche Ankergröße mit steigender Yachtgröße zu.

Als Hilfestellung zur Wahl der passenden Ankergröße finden sich meist Tabellen oder Diagramme zu den jeweiligen Ankertypen (Kap. 2.4.3.3) in Abhängigkeit der Yachtgröße, wie beispielsweise die in Abb. 2.42 dargestellte Auswahlhilfe für den Typ Delta-Anker (Abb. 2.45). Die Auswahlhilfe bezieht sich dabei auf einen einzelnen Hauptanker am Bug der Yacht. Empfohlener Weise sollte aber auch ein Zweitanker mitgeführt werden, der sich oft als etwas kleinerer Heckanker am Achterschiff der Yacht befindet. Des Weiteren werden ab gewissen Yachtgrößen nicht mehr einzelne, sondern üblicherweise zwei seitlich am Bug befindliche Anker verwendet (s.Kap. 2.4.5.2). [35, S. 39ff., 50, S. 23]

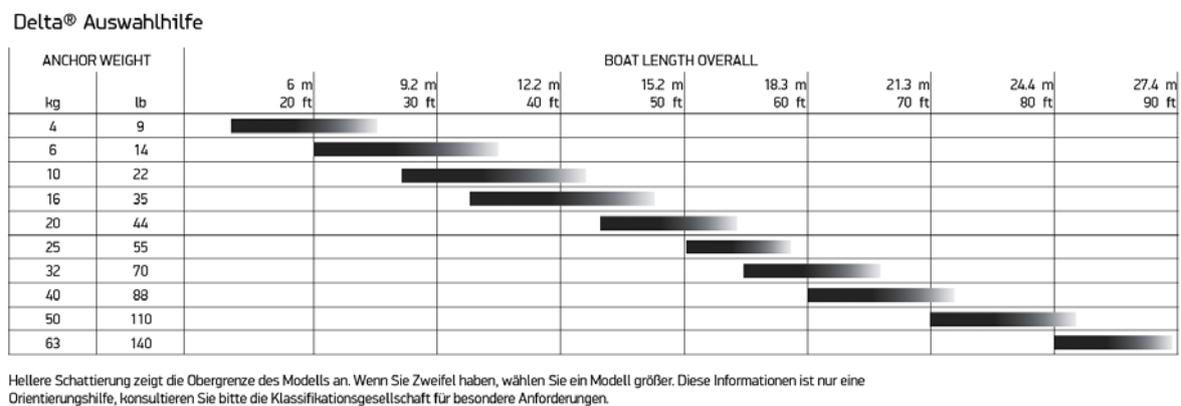


Abb. 2.42: Auswahlhilfe für Delta-Anker, nach der Länge der Yacht [35, S. 42]

Entsprechend der gewählten Größe des Ankers ist auch das übrige Ankergeschirr (Kap. 2.4.4) in geeigneter Dimension zu wählen. Dabei können geeignete Größen ebenfalls durch Auswahlhilfen empfohlen werden oder sich geometrisch bedingt ergeben, beispielsweise ein zum gewählten Anker beziehungsweise zur Ankerkette passender Wirbelschäkel (Kap. 2.4.4.2). [35, S. 7ff., 55, S. 15]

Als weitere Orientierung zur Abstimmung von Komponenten können auch deren Belastungsvorgaben miteinander verglichen werden, wie zum Beispiel die Haltekraft des Ankers und die zulässige Zugkraft der Ankerkette oder des Wirbelschäkels.

### 2.4.3.3 Ankertypen

Im Folgenden sind die im Yachtwesen gängigsten Ankertypen beschrieben, in etwa aufsteigend gereiht nach der Größe der Yacht, auf denen sie eingesetzt werden können. Mögliche weitere Typen sind im Wesentlichen Abwandlungen und Modifikationen der beschriebenen Ankertypen, basierend auf deren Form und Funktionsweise. Wie bereits erwähnt handelt es sich bei allen im Folgenden beschriebenen Ankertypen um Leichtgewichtanker.

## Draggen

Draggen sind kleine, stocklose Anker mit vier Armen (Abb. 2.43). Ihre Fähigkeit im Grund zu fassen und ihre Haltekräfte sind eher gering, wodurch sie als Hauptanker üblicherweise nicht zum Einsatz kommen. Die Arme der Draggen können fest oder beweglich ausgeführt sein, um durch Zusammenlegen der Arme Platz beim Stauen des Ankers einzusparen. Dargestellt ist ein zusammenlegbarer Draggen mit um den Schaft drehbaren Armen und ein Falt- oder Schirmdraggen, bei dem jeder Arm durch ein Gelenk an den Ankerschaft geklappt werden kann.

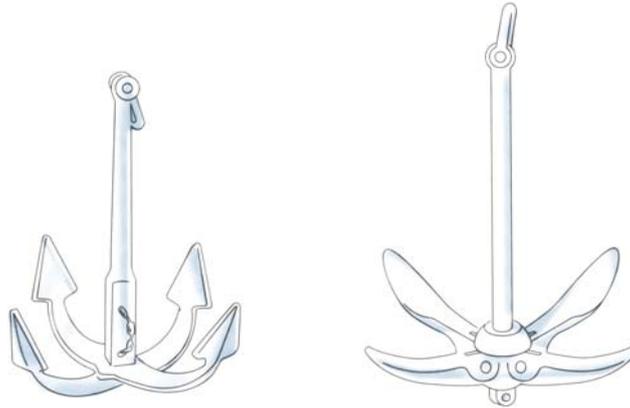


Abb. 2.43: Draggen drehbar zusammenklappbar (li.) und Schirmdraggen (r.) [18, S. 92]

## Bügelanker

Auf kleinen bis mittelgroßen Yachten finden oft Bügelanker Verwendung (Abb. 2.44). Mit seiner flachen, spitz zulaufenden Flunke fasst und hält dieser Ankertyp in den meisten Ankergründen relativ gut. Der Bügel sorgt dafür, dass der Anker sich mit der Flunke Richtung Boden dreht.

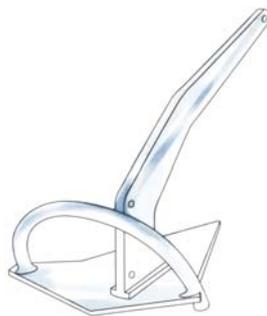


Abb. 2.44: Bügelanker [18, S. 92]

## Pflugschar- oder CQR-Anker und Delta-Anker

Durch den pflugscharartigen Arm graben sich diese Ankertypen vergleichsweise schnell und leicht in den Ankergrund und ihre erreichten Haltekräfte sind durchaus hoch. Ähnlich dem

Bügelanker kommen diese Ankertypen häufig auf kleinen bis mittelgroßen Yachten zum Einsatz. Der Delta-Anker ähnelt dem dargestellten Pflugscharanker, hat jedoch keinen gelenkigen Arm und einen etwas abgewandelten, größeren Pflug (Abb. 2.45).

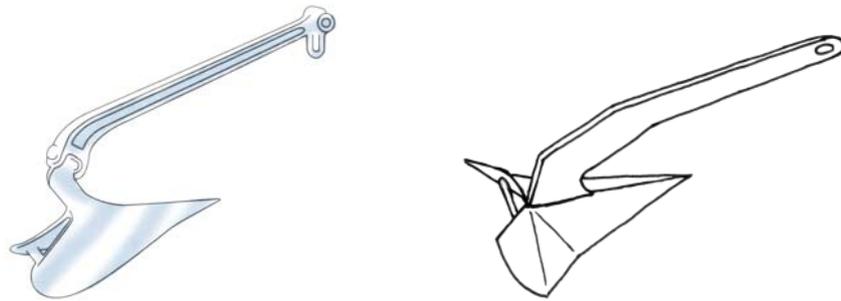


Abb. 2.45: Pflugschar- oder CQR-Anker [18, S. 92] (li.) und Delta-Anker [i.A.a.35, S. 42] (r.)

### **Bruce- oder Claw-Anker**

Die Form des Armes dieses Ankertyps ermöglichen bei verhältnismäßig geringem Ankergewicht hohe Haltekräfte (Abb. 2.46). Er kann als Alternative zum Pflugschar- oder auch Bügelanker Verwendung finden. Da er im Ankergrund so gut hält, ist ein Bruce-Anker aber mitunter schwer wieder Auszubrechen.



Abb. 2.46: Bruce- oder Claw-Anker [18, S. 92]

### **Danforth-Anker und Plattenanker**

Mit beigelegten Flunken ist die Form des Danforth-Ankers (Abb. 2.47 li.) im Vergleich zu den bisher genannten Ankertypen sehr flach, wodurch er sich einfacher an Deck verstauen lässt. Vor allem auf größeren Yachten häufig eingesetzt, wird dieser Ankertyp jedoch meist in Ankerklüsen seitlich an der Bordwand „bereit zum Fallen“ gefahren (s.Kap. 2.4.5.2).

Außer in stark verkrauteten Böden ist der Danforth-Anker ein sehr gut geeigneter Ankertyp und vor allem in tonigen, lehmigen und schlickigen Ankergründen den anderen Leichtgewicht-ankern überlegen. Beim Eingraben in den Boden verhindert der Stock ein Verdrehen und erleichtert damit ein günstiges Fassen des Ankers. Eine mögliche Modifikation erweitert den Danforth-Anker mit am Stock angebrachten Leitrollen aus Kunststoff zur besseren Führung am Ankergrund und zur Schonung der Bordwand.

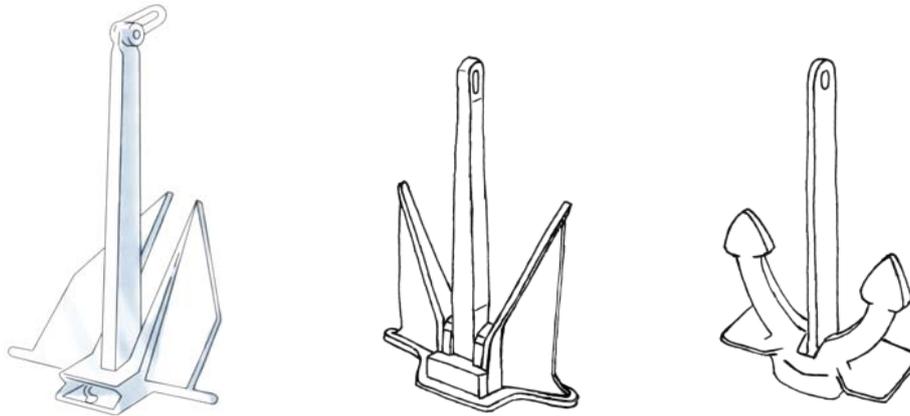


Abb. 2.47: Danforth-Anker, D'Hone-Anker und Hall-Anker (v.l.n.r) [18, S. 92]

Etliche am Markt verfügbare, weiterentwickelte Ankertypen sind im Aufbau dem Danforth-Anker ähnlich, mit beispielsweise einer abgewandelten, speziellen Form der Flunken. Dabei sind viele Typen ohne Stock ausgeführt, wie beispielsweise die beiden in Abb. 2.47 rechts dargestellten D'Hone- und Hall-Anker.

[2, S. 115f., 18, S. 91ff., 35, S. 40, 50, S. 24f.]

#### 2.4.3.4 Seahawk

Der Ankertyp Seahawk bildet für diese Arbeit eine wesentliche Grundlage und wird daher im Folgenden ausführlicher beschrieben. Als speziell für Yachten entwickelter Patentanker stellt der Seahawk ein vorgegebenes Kernelement zur Entwicklung des Ankersystems (s.Kap. 3.3.7) und damit die Basis dieser Arbeit dar.

#### Entwicklung und Zertifizierung

Diese Ankertyp wurde von der Johann Fimbinger GmbH (s.Kap. 1.4) unter dem Namen **Seahawk SHHP** entwickelt und patentrechtlich geschützt. Die Bezeichnung SHHP (special high holding power) steht für eine sehr hohe Haltekraft des Ankers bei vergleichsweise geringem Eigengewicht. [29]

Der Ursprung der Entwicklung dieses Ankertyps liegt in der Motivation, einen Anker mit optisch herausragendem Design, bei gleichzeitig optimierter Leistungsfähigkeit hinsichtlich Haltekraft und Gewicht, zu schaffen. Neben der funktionsgerechten Konstruktion der Komponenten, bei optisch ansprechender Gestaltung und Formgebung der Geometrie, spielt auch der Werkstoff und speziell die Oberflächenbeschaffenheit des Ankers eine wichtige Rolle. Besonders im Yachtwesen ist es von großer Bedeutung, dass auch nach längerem Einsatz in jedem Fall die Funktion, aber ebenfalls auch das optische Erscheinungsbild des Ankers erhalten bleibt. [22]

Als Nachweis zur Einhaltung der im Yachtwesen erforderlichen Standards und Vorgaberichtlinien ist der Seahawk ein vom **Lloyd's Register** (LR) geprüfter und zertifizierter Ankertyp (s.Kap. 2.2.2.1). [29]

### Konstruktion, Funktionsprinzip und Formgestaltung

Abb. 2.48 zeigt den Seahawk, zerlegt in die drei Komponenten aus denen er aufgebaut ist.

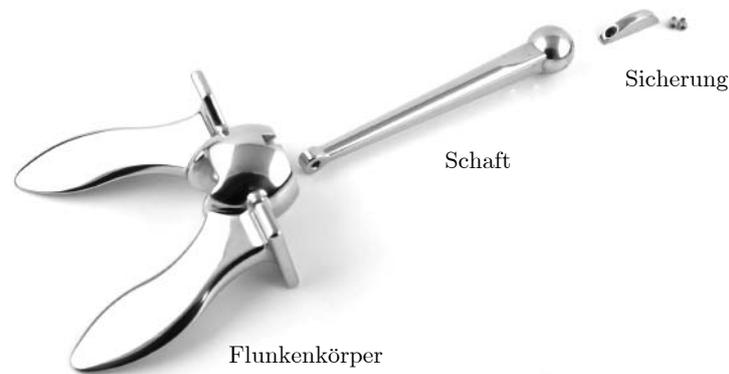


Abb. 2.48: Seahawk zerlegt in Einzelteile [30]

Der in Abb. 2.49 dargestellte Zusammenbau des Ankers erfolgt durch Einbau des Schafts und anschließendem Verschrauben der halbmondförmigen Sicherung mit dem Flunkenkörper. [29]



Abb. 2.49: Zusammenbau des Seahawk [29]

In Abb. 2.50 ist der fertig zusammengebaute Seahawk dargestellt.



Abb. 2.50: Seahawk [29]

Die Funktionsgrundlage des Seahawk bildet das Kugelgelenk zum Neigen der Flunken, welches das klassischerweise verwendete Bolzengelenk vergleichbarer Ankertypen ersetzt. Abb. 2.51 zeigt das Prinzip des Kugelgelenks in Schnittansichten.

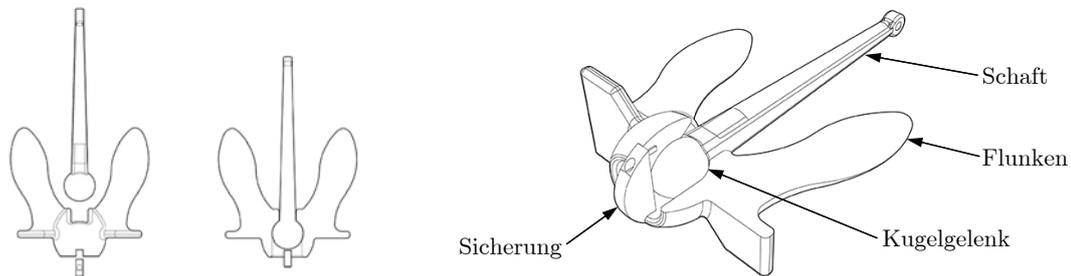


Abb. 2.51: Kugelgelenk des Seahawk – Einzelteile, Vollschnitt und Teilschnitt (v.l.n.r.) [30]

Das Design des Seahawk basiert auf relativ weichen, abgerundeten Konturen und einer strömungslinienförmig, eleganten Gestalt. Zur Veranschaulichung des Designs ist der Seahawk in Abb. 2.52 in zwei weiteren Perspektiven dargestellt.



Abb. 2.52: Design und Form des Seahawk [29]

## Fertigung

Der Seahawk ist als schweißnahtlose Guss- beziehungsweise Schmiedekonstruktion aus hochfestem Duplex-Edelstahl mit hochglanzpolierter oder glasperlgestrahlter Oberfläche ausgeführt und dadurch absolut see- und brackwasserbeständig. Neben hochfestem Duplex-Edelstahl ist auch eine alternative Ausführung aus hochfestem galvanisiertem Stahl möglich. [31]

In Abb. 2.53 ist die mechanische Nachbearbeitung im Bereich des Kugelgelenks vor der Oberflächenbehandlung des gegossenen Flunkenkörpers ersichtlich. Die Bearbeitung der Oberfläche des geschmiedeten Schafts ist im Hintergrund zu erkennen.



Abb. 2.53: Fertigung des Seahawk [32]

Durch den korrosionsbeständigen und oberflächenbehandelten Werkstoff, die beanspruchungsgerechte und abgerundete Formgebung, den Aufbau aus drei einzelnen Komponenten ohne Schweißverbindung und dem Kugelgelenk zum Neigen der Flunken, ist der Seahawk robust und widerstandsfähig gegen raue Umgebungseinflüsse beim Einsatz. [22, 31]

Der Seahawk wird als Serienanker und in Einzelanfertigung angeboten. Die Serienproduktion umfasst die in Abb. 2.54 dargestellten acht Ankergrößen von 55–200 kg. Zum Vergleich sind die Größenverhältnisse abgebildet und die jeweils erreichbare Haltekraft angegeben. Bei der Einzelanfertigung hingegen wird die Ankergröße kunden- beziehungsweise yachtspezifisch angepasst. Diese spezifische Größenanpassung eignet sich vor allem für den Einsatz des Seahawk im Superyacht-Bereich. [33]

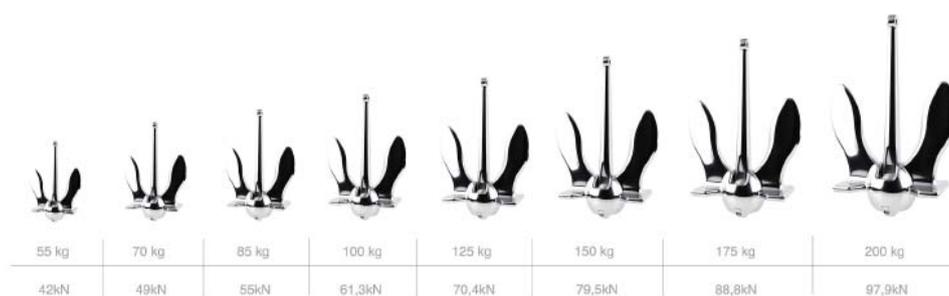


Abb. 2.54: Serienanker vom Typ Seahawk, Größenvergleich und erreichbare Haltekraft [33]

Als Verbindungsglied zwischen Seahawk und Ankerkette wird als geeigneter Wirbelschäkel (s.Kap. 2.4.4.2) ein *WASI Power Ball* (Abb. 2.62) mitgeliefert. [33]

### Prüfung, Einsatz und Verwendung

Die Prüfung des Seahawk erfolgt auf der werkseigenen Anker-Zugtestmaschine, die ebenfalls von der Johann Fimbinger GmbH für die Prüfung der Haltekraft von Anker entwickelt wurde. Weitere Prüfungen des Seahawk werden als Feldprüfungen bei unterschiedlichem Umfeld und Bedingungen durchgeführt. Dazu wird das Verhalten des Seahawk, speziell das Eingraben der Flunken und das Verhalten des gefassten Ankers, bei verschiedenen Ankergründen (s.Kap. 2.4.2.1) an Land und auf See geprüft. In Abb. 2.55 ist die Feldprüfung des Seahawk in Schottergrund an Land (li.) und in sandigem Ankergrund unter Wasser (r.) abgebildet. Das Eingraben der Flunken in den Grund ist dabei gut zu erkennen. [29]



Abb. 2.55: Feldtest des Seahawk: Schottergrund an Land (li.) und sandiger Ankergrund unter Wasser (r.) [29]

Der Seahawk eignet sich für den Einsatz in sämtlichen gängigen Ankersystemen (s.Kap. 2.4.5). Bei Ankertaschen kann er als elegante Alternative zu den ansonsten üblicherweise verwendeten Ankertypen, wie beispielsweise Danforth-Anker, Verwendung finden und mit seinem ästhetischen Design das optische Gesamtbild der Yacht aufwerten. Auch in Ankersystemen mit geeigneten Bugrollen kann der Seahawk am Bug einer Yacht gehalten werden, wie in Abb. 2.56 dargestellt. [22]



Abb. 2.56: Seahawk in Bugrolle [22]

## 2.4.4 Ankergeschirr und zugehörige Komponenten

Wie in Abb. 2.57 dargestellt, gehören zu den Hauptkomponenten des Ankergeschirrs der Anker, die Ankerkette und der Wirbelschäkel, das typische Verbindungsglied zwischen Anker und Kette. Weitere am Ankervorgang beteiligte Komponenten an Bord einer Yacht sind die in diesem Kapitel näher beschriebenen Ankerwinden, Kettenkästen, Lenzpumpen und Kettenreinigungssysteme. [18, S. 91ff.]

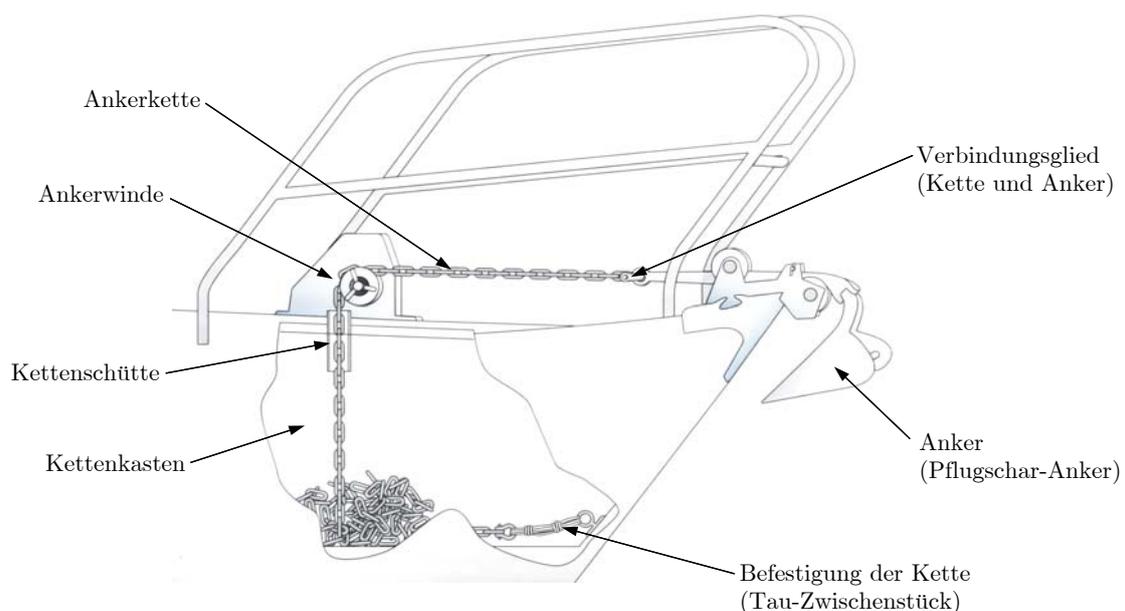


Abb. 2.57: Ankergeschirr und zugehörige Komponenten [18, S. 95]

#### 2.4.4.1 Ankerketten

Typische Ankerketten sind, wie in Abb. 2.58 abgebildet, als Rundstahlketten, größere Kettendimensionen auch als Ankerstegketten (Abb. 2.59) ausgeführt. Für eine geforderte Seewasserbeständigkeit sind sie im einfachsten Fall verzinkt oder, wie im Yachtwesen durchaus üblich, aus seewasserbeständigem, hochbelastbarem Stahl hergestellt. Möglich sind auch speziell oberflächenbehandelte, wie beispielsweise elektropolierte Ankerketten, wobei die dadurch sehr glatte Oberfläche ungewolltes Anhaften von Ablagerungen aus dem Wasser und aus dem Ankergrund erheblich reduziert (s.Kap. 2.4.4.6). [18, S. 94ff., 34, S. 6]



Abb. 2.58: Rundstahlkette als Ankerkette [58, S. 10]

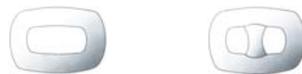


Abb. 2.59: Kettenglieder, Rundstahlkette (li.) und Ankerstegkette (r.) [18, S. 95]



Abb. 2.60: Ankerkette in passendem Taschenrad [34, S. 3]

Die erforderlichen Kettenlängen wurden bereits im Kap. 2.4.2.2 behandelt.

Auf kleinen Yachten werden auch Trossen (Leinen) statt Ketten verwendet. Diese werden aber im Folgenden nicht weiter erläutert, da beim Ankern durch ihr geringeres Eigengewicht weniger Trossenlänge am Boden zu liegen kommt, was (wie schon in Kap. 2.4.2.2 beschrieben) ungünstige Auswirkungen hat. Sie sind im Vergleich zu Ankerketten auch weniger resistent gegen die mitunter rauen Einflüsse auf das Ankergeschirr. [18, S. 94]

#### 2.4.4.2 Wirbelschäkel

Anker und Ankerkette werden üblicherweise mit einem Wirbelschäkel verbunden. Dieser kann um seine Achse frei gedreht werden, um Verdrehungen der Ankerkette nicht auf den Anker zu übertragen. [18, S. 95f.]



Abb. 2.61: Wirbelschäkel [18, S. 95]



Abb. 2.62: WASI Power Ball, Wirbelschäkel (li.) und montiert an einem Bügelanker (r.) [58, S. 1,104]

### 2.4.4.3 Ankerwinde

Zum Stecken und Einholen der Kette wird eine Ankerwinde, auch als Ankerwisch bezeichnet, verwendet, wie in Abb. 2.63 beschrieben. Auf deren Achse ist ein Taschenrad (Kettennuss) montiert, welches durch die Verzahnung einen Formschluss zur Ankerkette herstellt und damit die Zugkräfte zwischen Kette und Winde überträgt (siehe auch Abb. 2.60). Angetrieben wird die Ankerwinde von Elektro- oder auch Hydraulikmotoren und auch ein möglicher Betrieb von Hand ist meist vorgesehen. Der Handbetrieb ist häufig durch Spillköpfe, um die ein Seil geschlungen werden kann, ermöglicht. [2, S. 117, 18, S. 96, 22]

Vor allem auf kleineren Yachten können separate Kettensperrsysteme Verwendung finden, welche die Ankerwinde von der Zugkraft der Kette entlasten und damit schonen. Ansonsten sperren die Ankerwinden die ausgelassene Ankerkette. Durch eine drehmomentbegrenzte Rutschkupplung kann die maximal mögliche Zugkraft, die zwischen Winde und Kette übertragen werden kann, begrenzt werden. Auftretende Lastspitzen, beispielsweise durch zu abruptes Greifen des Ankers beim achteraus Laufen, werden dann durch ein Durchrutschen der Kupplung abgedämpft. Dies dient der Schonung und vor allem dem Überlastschutz der Komponenten des Ankersystems und verhindert für die Besatzung unangenehm wirkende, stoßartige Belastungen der Yacht. Bei Verwendung eines Hydraulikmotors könnte auch eine hydraulisch geregelte Zugkraftbegrenzung zum Einsatz kommen. [18, S. 96f., 23]

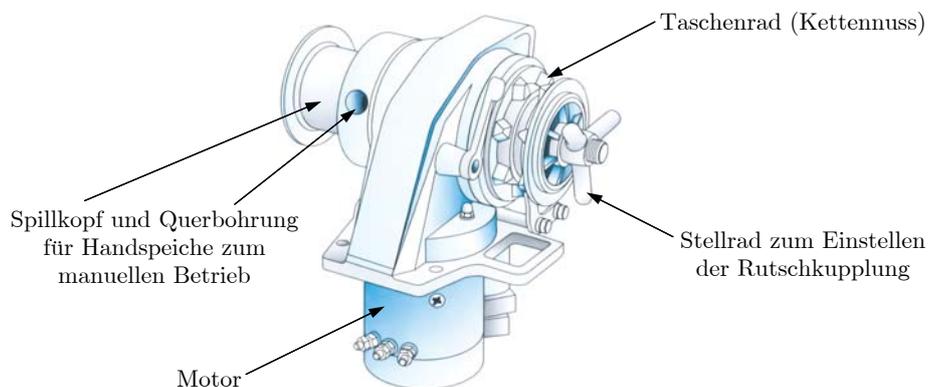


Abb. 2.63: Ankerwinde, Aufbau [18, S. 96]



Abb. 2.64: Ankerwinden, *Lofrans: Horizontal Kobra, Horizontal Falkon, Vertical Project 1000* (v.l.n.r.) [38]

Bei kleineren bis mittelgroßen Yachten sind meist an Deck über dem Kettenkasten angebrachte und dadurch leicht zugängliche Ankerwinden, wie in Abb. 2.57 dargestellt, üblich. Beispiele verschiedener Ausführungsformen solcher Ankerwinden sind in Abb. 2.64 ersichtlich. Auf größeren und luxuriöseren Yachten kann die Ankerwinde durchaus auch unter Deck, im Kettenkasten, verbaut werden. [18, S. 95ff.]

#### 2.4.4.4 Kettenkasten

Die Ankerkette wird in einem Kettenkasten im Vorderschiff der Yacht verstaut. Wie häufig angenommen, wird die Kette dazu typischerweise nicht aufgerollt, sondern über eine Kettenschütte senkrecht in den Kettenkasten fallen gelassen (s.Abb. 2.57).

Im Kettenkasten ist auch das Ende der Ankerkette an der Yacht befestigt. Da sich ein direkt angebrachter Schäkkel notfalls möglicherweise nicht lösen lässt, kann ein Zwischenstück aus Tau (s.Abb. 2.57) verwendet werden, welches im Notfall leicht gekappt werden kann.

Üblicherweise ist an Deck eine Zugangsmöglichkeit in den Kettenkasten durch einen Deckel (Luke) vorgesehen. Die Schottwand im Vorderschiff (s.Abb. 2.19) trennt den Bereich mit dem Kettenkasten vom Rest der Yacht ab.

[18, S. 95ff.]

#### 2.4.4.5 Lenzpumpen

Bei Regen oder überkommender See kann durch Öffnungen, wie beispielsweise durch die Kettenschütte, leicht Wasser in den Kettenkasten eindringen. Auch über die Ankerkette oder durch etwaige Kettenspülsysteme kann Wasser in den Kettenkasten gelangen. Daher ist die Schottwand wasserdicht zum Rest der Yacht ausgeführt und ein Entwässerungssystem zum Abführen des eingedrungenen Wassers vorgesehen. [18, S. 97]

Zur Entwässerung des Kettenkastens kann das eingedrungene Wasser über Lenzöffnungen nach Außen oder in die Bilge abgeführt und wenn nötig auch mit geeigneten Pumpen aus dem Kettenkasten abgepumpt werden. Die Bilge bildet den tiefsten Punkt im Rumpf der Yacht, an

dem sich an Bord eingedrungenes Wasser ansammeln kann. Eigene Lenzpumpen entwässern die Bilge und halten dadurch die Yacht trocken (lenz). [18, S. 96,100]

#### 2.4.4.6 Kettenreinigungssysteme

Um die Ankerkette beim Einholen in den Kettenkasten von Ablagerungen aus dem Wasser oder dem Ankergrund, wie Tang oder Schlick, zu reinigen, können Spülsysteme eingesetzt werden. Dazu wird die Ankerkette mit Süßwasser gespült (Abb. 2.65). Einer Verschmutzung der Ankerkette und in weiterer Folge des Kettenkastens wird so entgegengewirkt. [22, 23]



Abb. 2.65: *Indian Empress (Oceanco)*, Spülen der Ankerklüse (s.Kap. 2.4.5.2) [14]

Die Spülung der salzwasserbehafteten Kette mit Süßwasser verlängert die Lebensdauer der Ankerkette hinsichtlich Korrosion und verhindert zudem das Verkleben der Kettenglieder im Kettenkasten durch die Bildung von Salzkrusten. Wie bereits in Kap. 2.4.4.1 erwähnt, wirkt sich eine glatte Oberfläche der Kettenglieder positiv auf die Resistenz gegen Anhaften von Ablagerung und Witterungseinflüsse aus. Eine glatte und gereinigte Ankerkette hat den Vorteil, dass die Kettenglieder gelenkiger bleiben, die Kette dadurch leichter über die Kettenrollen läuft und beim Einholen ohne Aufzutürmen in den Kettenkasten fällt (s.Abb. 2.57). [22, 23]

#### 2.4.5 Ankersysteme

Das Ankersystem einer Yacht umfasst die wesentlichen Komponenten, die für den Ankervorgang erforderlich sind. Mit Anker und Ankerkette bilden das Ankergeschirr und die Ankerwinde dabei die grundlegenden Kernelemente. Weitere um diese Kernelemente verbaute Komponenten, die für das Absenken und Anheben des Ankers erforderlich sind beziehungsweise in gewisser Weise beim Ankern der Yacht eine Rolle spielen, sind auch Teil des Ankersystems. Dazu zählen beispielsweise die zur Führung und Umlenkung der Ankerkette erforderlichen Kettenrollen, Haltevorrichtungen für den Anker und ferner sämtliche erforderlichen Zusatz- und Befestigungskonstruktionen. Auch der Kettenkasten und mögliche Lenzwasser- oder Kettenreinigungssysteme können in weiterer Folge als Teil des gesamten Ankersystems berücksichtigt werden. [18, S. 91ff., 22, 23]

In welcher Art ein Ankersystem für eine konkrete Yacht ausgeführt ist, hängt zum einen von der gewünschten Präferenz des Yachtherstellers beziehungsweise des Eigners und zum anderen von den Rahmenbedingungen der Yacht, wie der Yachtgröße, der damit verbundenen Ankergröße, dem gewählten Ankertyp und der Bugform, ab.

### 2.4.5.1 Bugrollen

Eine Bugrolle, auch Ankerrolle bezeichnet, ist eine wie in Abb. 2.66 beschriebene, am Bug der Yacht angebrachte Vorrichtung, womit ein gehobener Anker, häufig durch einen Sperrmechanismus zusätzlich gesichert, gehalten wird. Zur Führung der Ankerkette über den Bug sorgen in der Vorrichtung gelagerte Kettenrollen, die meist entweder durch eine unbewegliche **Konsole** (s.Abb. 2.67 li.) oder mit einer beweglichen **Wippe** (s.Abb. 2.67 r.) angebracht sind. Der Ankerschaft wird beim Lichten des Ankers, wie in Abb. 2.66 oder Abb. 2.68 o. erkennbar, bis zum Anschlag über die Kettenrolle gezogen. [2, S. 115, 18, S. 95]

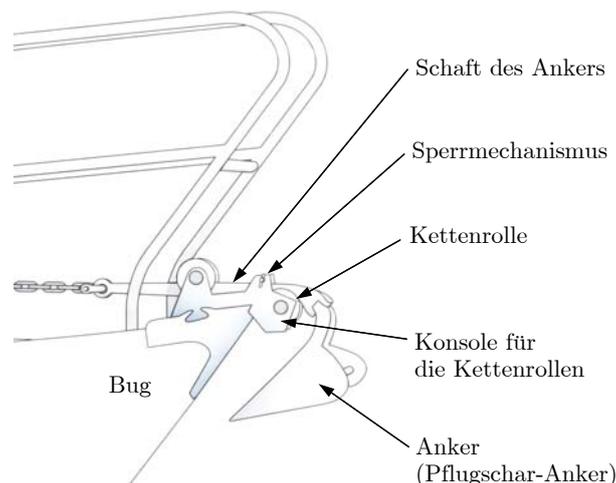


Abb. 2.66: Bugrolle [18, S. 95]

Der Vorteil solcher Ankersysteme liegt in der sehr leichten Zugänglichkeit der Komponenten, um beispielsweise eine Ankerboje am Anker anzubringen. Durch die von der Bugrolle meist frei über das Deck laufende Ankerkette wird bei solchen Systemen häufig auch die Ankerwinde an Deck platziert, unter der die Kettenschütte die Ankerkette weiter in den Kettenkasten führt. [2, S. 115, 18, S. 95]

Die tatsächliche Konstruktion der Bugrollenvorrichtung einer Yacht kann wiederum in unterschiedlichen Varianten ausgeführt sein, wie beispielsweise in Abb. 2.67 dargestellt. Ausführungen wie im Schanzkleid integrierte oder auch über den Bug auskragende, an Bugsprietten angebrachte Bugrollen sind durchaus möglich. [52, 55, S. 17,19]



Abb. 2.67: Bugrolle mit einfacher Kettenrolle (li.) und Bugrolle mit zwei Kettenrollen auf Wippe (r.) [55, S. 17]

Abb. 2.68 zeigt eine 59' *Ferretti* mit Bugrolle und darin gehobenem Bruce-Anker (o.). Bei vor Anker liegender Yacht (u.) ist der Verlauf der Ankerkette über die geneigte Wippe der Bugrolle erkennbar.



Abb. 2.68: 59' *Ferretti*, mit Bruce-Anker in der Bugrolle (o.) und beim Ankerliegen (u.) [59]

Bugrollen werden sehr häufig auf kleineren bis mittelgroßen Yachten eingesetzt. Auf größeren und zunehmend luxuriöseren Yachten werden die Anker, wie im folgenden Kap. 2.4.5.2 näher beschrieben, nicht mehr in Bugrollen am Bug, sondern in Ankertaschen an der Bordwand gehalten. Damit werden auch die Ankerketten nicht mehr über den Bug, sondern durch die Bordwand geführt. [18, S. 97]

Im Grunde können auf Bugrollen die im Yachtwesen gängigen Anker verwendet werden, wie beispielsweise auch Danforth-Anker und ähnliche Typen. Sehr häufig finden aber, durch ihre spezielle Eignung für den Einsatz bei Bugrollen, **Bügel-, Pflugschar- oder Bruce-Anker** und deren **ähnliche Ankertypen**, Verwendung.

#### 2.4.5.2 Ankertaschen

Auf größeren Yachten ist es nicht mehr üblich, Anker in Bugrollen zu fahren. Stattdessen werden die gelichteten Anker an geeigneten Stellen der Bordwand gehalten. [18, S. 97]

Die Kette verläuft dabei nicht wie bei Bugrollen über den Bug und weiter in den Kettenkasten, sondern wird durch die Bordwand hindurch geführt. Entweder über Ankerwinden an Deck oder auch direkt in den Kettenkasten mittels unter Deck im Kettenkasten befindlicher Ankerwinden. [18, S. 97]

Dafür ist in der Bordwand eine geeignete Öffnung, die sogenannte **Ankerklüse**, vorgesehen. Beim Lichten wird der Anker mit dem Ankerschaft bis in die Ankerklüse angehoben, an der Bordwand gehalten und damit „bereit zum Fallen“ gefahren. Die **Ankertasche**, der Bereich um die Ankerklüse in dem der Anker an der Bordwand gehalten wird, ist dabei mittels geeigneter Maßnahmen gegen Beschädigungen durch Anschlagen des Ankers geschützt. Typischerweise ist dazu die Bordwand unter der Ankerklüse mit abriebfesten Blechen verstärkt und die Öffnung verschleißfest ausgekleidet. [18, S. 97, 280, 23]

In den häufigsten Fällen werden bei diesen Ankersystemen zwei seitliche Ankertaschen verwendet, wie es auch im Schiffbau allgemein bekannt und geläufig ist. Dabei sind die Ankertaschen, wie in Abb. 2.69 am Bug der *CRN 133 Saramour* ersichtlich, an den beiden Bordwandseiten des Vorderschiffs symmetrisch ausgeführt. Seltener sind Ausführungen von einzelnen, mittig am Steven positionierten Ankertaschen.



Abb. 2.69: *CRN 133 Saramour*, seitliche Ankertaschen mit gelichteten Ankern [13]

**Danforth-Anker** und **ähnliche Ankertypen** eignen sich besonders für die Verwendung in Ankertaschen, da sich deren bewegliche Flunken beim Lichten des Ankers sehr gut an die Bordwand in der Ankertasche anlegen können.

### 2.4.5.3 Weitere Systeme

Die Basis der häufigsten Ankersysteme für Yachten bilden die beiden beschriebenen Systeme mit Bugrollen und mit Ankertaschen. Die restlichen Ankersysteme sind meist Abwandlungen dieser Systeme, diverse Weiterentwicklungen oder in seltenen Einzel- und Spezialanwendungsfällen unübliche Sonderformen.

#### Abdeckbare Ankertaschen

Die Erweiterung der Ankertaschen mit Abdeckklappen, wie bei der in Abb. 2.70 dargestellten *Sanlorenzo SL100 New*, ist eine mögliche Modifikation dieses Ankersystems. Bei gelichtetem Anker kann damit die Ankertasche mitsamt dem darin gehaltenen Anker verdeckt werden. Für den Ankervorgang und zum Fallenlassen des Ankers werden die Abdeckklappen, wie in Abb. 2.71 gezeigt, geöffnet. [53]

Durch die damit ankerlose und glatte Bordwand sind Abdeckklappen für Ankertaschen eine Möglichkeit zur optischen Aufwertung der Yacht. Diese Modifikation erfordert aber eine geeignete Vertiefung der Ankertasche für den gelichteten Anker und auch eine gewisse Mindestneigung der Bordwand. [53, 54]



Abb. 2.70: *Sanlorenzo SL100 New* mit abdeckbaren Ankertaschen [54]



Abb. 2.71: Sanlorenzo SL100 New mit abdeckbaren Ankertaschen, geschlossen (li.) und geöffnet (r.) [53]

### Ausklappender Arm

Eine Möglichkeit eines weiterentwickelten Ankersystems auf Basis der Bugrolle ist in der folgenden Abb. 2.72 schematisch dargestellt. Dabei wird der Anker am Beginn des Ankervorgangs mithilfe eines Armes vom Deck über den Bug hinaus ausgeklappt und anschließend fallen gelassen. Der Vorteil dieses Systems ist der an Deck verstaute, nicht am Rumpf sichtbare, gelichtete Anker. [6, 12, 23]

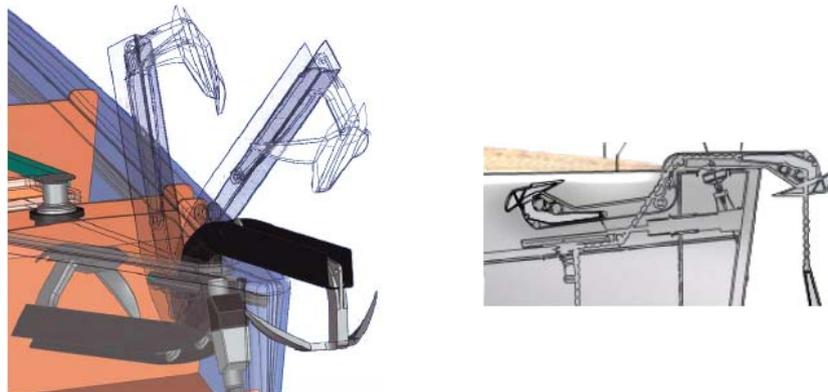


Abb. 2.72: Ausklappender Arm, Funktionsprinzip [6]

Die Ausführung dieses Systems steht in Beziehung zum Schanzkleid und zur Reling am Bug und erfordert einen Stauraum beziehungsweise verfügbaren Platz an Deck. Die praktische Umsetzung des ausklappenden Armes wird in gewisser Weise durch die Yachtgröße beschränkt. Da die erforderliche Ankergröße mit der Yachtgröße ansteigt und auch die erforderliche Armlänge mit der Yachtgröße zunimmt, ist die Konstruktion des Armes entsprechend groß und massiv auszuführen. Auch der benötigte freizuhaltende Platz zum Stauen des eingeklappten Armes mitsamt dem Anker an Deck wird bei steigender Yachtgröße dementsprechend größer. Abb. 2.73 zeigt das Konstruktionskonzept eines relativ massiven, ausklappenden Armes zur Halterung von Delta-Ankern und zur Verwendung auf größeren Segelyachten. [22, 23]

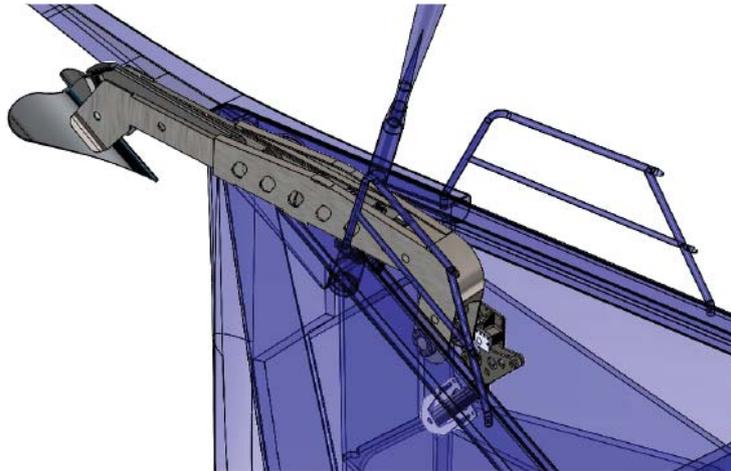


Abb. 2.73: Ausklappender Arm mit Delta-Anker, konzipiert für größere Segelyachten mit Klippersteven [12]

Die Variante eines ausklappenden Armes würde sich für den Einsatz auf kleineren Yachten durchaus anbieten, wobei die ursprünglich unbeweglich am Bug befestigte Bugrolle gemeinsam mit dem gelichteten Anker über den beweglichen Arm aus- und eingeklappt werden könnte (Abb. 2.74). Damit könnte bei gelichtetem Anker die Bugrollenvorrichtung nicht sichtbar im Rumpf untergebracht und somit der Bugbereich der Yacht optisch aufgewertet werden. [22, 23]



Abb. 2.74: Ausklappender Arm, beispielsweise für Pflugscharanker [60]

### **Unter-Wasser-Ankersystem**

Bei einer speziellen Sonderform von Ankersystemen können die Ankertaschen auch am Rumpfboden unterhalb der Yacht angebracht sein. Die Anker werden dabei nicht, wie eigentlich üblich, oberhalb der Wasserlinie und neben der Bordwand ins Wasser fallen gelassen, sondern wie in Abb. 2.75 dargestellt, bereits unterhalb der Wasserlinie befindlich, unter dem Rumpf der Yacht abgesenkt. Die gelichteten Anker werden in ausreichend großen Räumen im Boden des Schiffsrumpfes gehalten und um die Stromlinienform des Rumpfes beim Laufen der Yacht zu erhalten, werden diese unter Wasser befindlichen Ankertaschen mit geeigneten Verschlusssystemen abgedeckt. [22, 23, 43]

Dieses unübliche Ankersystem bildet einen Sonderfall. Durch die teilweise sogar im Wasser befindlichen Komponenten ist ein solches Ankersystem komplexer und aufwändiger umzusetzen als gängige Ankersysteme oberhalb der Wasserlinie und daher auch erheblich kostenintensiver. Auch die Zugänglichkeit zu Komponenten am Rumpfboden unterhalb der Yacht ist erschwert. Die erforderlichen Platzverhältnisse im Rumpfboden ermöglichen die Verwendung solcher speziellen Unter-Wasser-Ankertaschen eher bei großen Yachten. [22, 23]

Der große Vorteil des am Rumpfboden positionierten Ankersystems ist die sehr effektive, optisch ankerfreie Gestaltung der Yacht. Im Vergleich zu allen bisher genannten Systemen, sind bei diesem Sondersystem selbst bei fallengelassenem Anker keine Komponenten des Ankersystems, auch keine Ankerkette, sichtbar und damit das Aussehen der Yacht in keiner Weise beeinträchtigt. Auch der tiefgelegene Anschluss der Ankerkette zur Kraftübertragung zwischen Kette und Yacht ist durchaus vorteilhaft.

Möglicher Einsatz könnte dieses Ankersystem auf größeren Luxusyachten finden, wenn das Design der Yacht ein gänzlich verstecktes Ankersystem vorsieht. Überlegenswert ist die Verwendung von am Rumpfboden positionierten Ankertaschen auch dann, wenn sich die Bugbeziehungsweise Rumpfform für solche Systeme in gewisser Weise besonders anbietet, wie beispielsweise beim, in der folgenden Abb. 2.75 dargestellten, Wavepiercer. [43]



Abb. 2.75: *Palmer Johnson SuperSport*, Unter-Wasser-Ankersystem [43]

# 3 Aufgabenstellung

Die Aufgabenstellung dieser Diplomarbeit umfasst die Konzipierung und Entwicklung eines neuartigen Ankersystems für Yachten.

## 3.1 Hauptanforderungen an das Ankersystem

Der Nutzen des zu entwickelnden Ankersystems umfasst zwei Hauptaufgaben:

- Die Vermeidung von Bordwandschäden durch eine geeignete **auskragende Konstruktion**, welche die Ankerkette in einem gewissen Abstand zum Bug hält
- und die optisch ankerfreie Gestaltung der Bordwand der Yacht durch einen **Mechanismus**, der diese auskragende Konstruktion mitsamt dem gelichteten Anker im Inneren des Rumpfes verstaut.

### 3.1.1 Auskragende Konstruktion

Eine Aufgabe des zu entwickelnden Ankersystems liegt, wie einleitend erwähnt, in der Vermeidung von Bordwandschäden, welche durch Kontakt von Anker und Ankerkette mit der Bordwand entstehen können. Vor allem bedingt durch Seegang und speziell bei geraden Steven, kann es beim Ankern mit konventionellen Ankersystemen zu einem solchen Kontakt und in weiterer Folge zu Verschleißerscheinungen und Beschädigung der Bordwand im Bugbereich kommen (siehe Abb. 3.1 und Abb. 3.2).

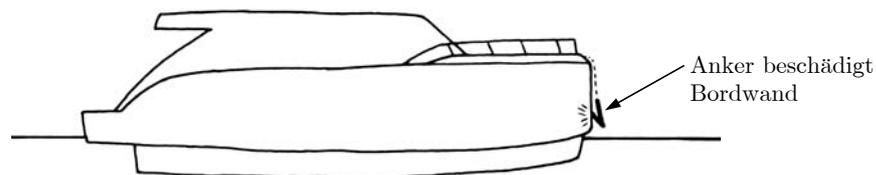


Abb. 3.1: Bordwandschäden durch Kontakt des Ankers mit der Bordwand

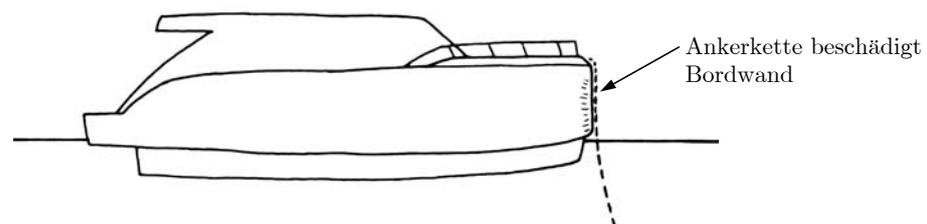


Abb. 3.2: Bordwandschäden durch Kontakt der Ankerkette mit der Bordwand

Durch Schaffung eines Abstands zur Bordwand kann dieser Kontakt und damit die Bordwand-schädigung bei üblichen Betriebsbedingungen sehr gut vermieden werden. Es ist daher eine geeignete auskragende Konstruktion zu entwickeln, die den Anker, in einem gewissen Abstand von der Bordwand entfernt, ins Wasser absenkt und in weiterer Folge auch die Ankerkette von der Bordwand entfernt hält (siehe Abb. 3.3 und Abb. 3.4).

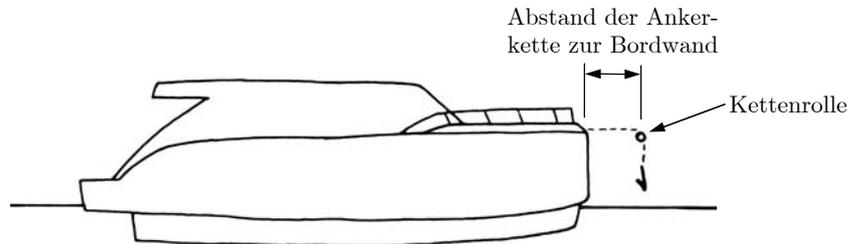


Abb. 3.3: Anker im Abstand zur Bordwand fallen lassen

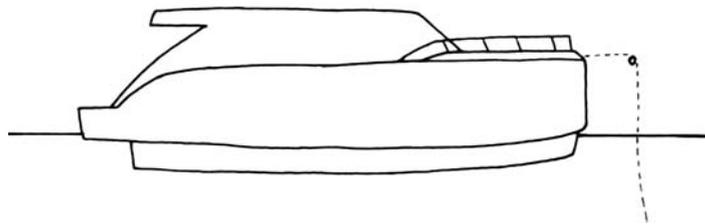


Abb. 3.4: Ankerkette im Abstand zur Bordwand halten

### 3.1.2 Mechanismus zum Bewegen der auskragenden Konstruktion

Um bei gelichtetem Anker durch die auskragende Konstruktion die Rumpfkontur und die Länge der Yacht nicht zu beeinflussen, soll die Konstruktion nur während des Ankerns und nicht dauerhaft im Abstand von der Bordwand gehalten werden. Die Konstruktion ist bei gelichtetem Anker daher durch eine geeignete Möglichkeit an Bord der Yacht, im Inneren des Rumpfes, unterzubringen. So kann, wie in den Hauptanforderungen beschrieben, bei gelichtetem Anker ein optisch sehr ansprechendes Gesamtbild der Yacht, ohne über den Bug auskragender Konstruktion und ohne sichtbaren Anker, erreicht werden.

Um dies zu Ermöglichen ist ein Mechanismus erforderlich, der die auskragende Konstruktion mitsamt dem Anker zu Beginn des Ankervorgangs aus dem Rumpf, weg vom Bug bewegt, den Anker im Abstand von der Bordwand absenkt und anschließend bei gesenktem Anker auch die Ankerkette im Abstand zur Bordwand hält (s.Abb. 3.5). Beim Ankerlichten ermöglicht der Mechanismus in umgekehrter Weise das Zurückbewegen der auskragenden Konstruktion mit dem darauf befindlichen gehievtten Anker zurück in den Rumpf der Yacht.

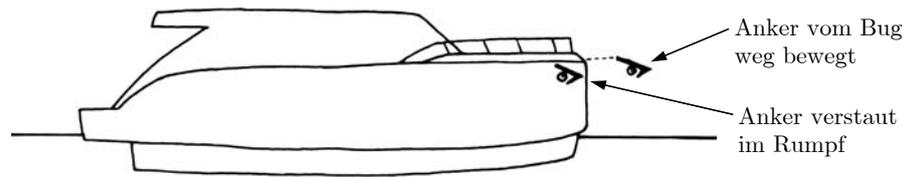


Abb. 3.5: Anker verstaut im Rumpf und Anker durch einen Mechanismus vom Bug weg bewegt

## 3.2 Umfang der Arbeit

In einer Konzeptstudie wird für die gegebenen Anforderungen und unter Berücksichtigung möglicher weiterer Rahmenbedingungen eine geeignete Lösungsvariante ermittelt und als detailliertes Basiskonzept des Ankersystems ausgearbeitet. Da das zu entwickelnde Ankersystem speziell auf Yachten und damit für Privatpersonen Verwendung findet, ist bereits bei der Konzipierung der optische Aspekt der Konstruktion zu beachten.

Für die in der Konzeptstudie ermittelte Lösung wird ein Konstruktionsvorschlag anhand einer gegebenen Bugform mit geradem Steven zur Verwendung eines Ankers vom Typ Seahawk entwickelt. Neben funktionalitätsorientiertem Konstruieren wird vor allem nach geeigneten Richtlinien der fertigungstechnischen Machbarkeit im Sinne von Prototypen- und Einzelfertigung vorgegangen. Zudem werden weitere, konstruktiv relevante Aspekte, wie beispielsweise Transport-, Montage- und Justiermöglichkeit, berücksichtigt. Anhand der Konstruktion wird der gesamte Ankervorgang Schritt für Schritt dargestellt sowie der Aufbau und die Funktionsweise einzelner Baugruppen beziehungsweise Bauteile näher erklärt.

Da es sich um eine konzeptionelle Konstruktion handelt, wird eine einfache überschlägige computerunterstützte Belastungsanalyse (statische FEM-Festigkeitsanalyse) durchgeführt, um Lastverläufe darzustellen und belastete Stellen der Konstruktion aufzuzeigen. Dazu wird eine einfache und geeignete Referenzbelastung unter hohen, aber durchaus betriebsüblichen Bedingungen ermittelt und angenommen. Die Ergebnisse der Berechnung dienen zur Abschätzung der Belastungsverhältnisse des Systems, nicht jedoch als Grundlage für einen Festigkeitsnachweis der Konstruktion. Für das Konzept wird als Werkstoffvorschlag für die Stahlkonstruktion ein üblicher, im Yachtbau verwendeter, seewasserbeständiger Stahl angenommen.

## 3.3 Weitere Vorgaben

Neben den Hauptanforderungen sind bei der Entwicklung des Ankersystems einige weitere Vorgaben zu beachten.

Zudem dienen vorgegebene, geometrische Rahmenbedingungen in Form einer konkreten Rumpfgeometrie im Bugbereich der Yacht (Kap. 3.3.6) und in Form eines gegebenen Ankers (Kap. 3.3.7) als Konstruktionsgrundlage.

### 3.3.1 Konstruktion als Basiskonzept

Das entwickelte Ankersystem dient als Basiskonzept beziehungsweise Basiskonstruktion für die Verwendung auf in etwa 24 m (80 ft) großen Motoryachten mit geradem Steven. Für den Einbau des Ankersystems in einer definierten Yacht muss die Konstruktion in Geometrie und Werkstoff noch im Detail an die spezifischen Verhältnisse angepasst und ausgelegt werden. Der Festigkeitsnachweis erfordert eine detaillierte Festigkeitsberechnung und einen zur Zertifizierung notwendigen Nachweis der Einhaltung von Vorgaben bestimmter Regelwerke (s.Kap. 2.2) sowie empfohlener Weise einen Testlauf und eine Prüfung mittels Prototypen.

Hauptvariablen zur Anpassung des Ankersystems an eine bestimmte Yacht sind die verfügbaren Platzverhältnisse und die konkrete Einbaulage des Ankersystems an Bord, der zu erreichende Abstand zwischen Ankerkette und Bordwand und die verfügbaren Anschlussstellen für die Befestigung der Konstruktion und zur Übertragung der auftretenden Lasten.

### 3.3.2 Zu entwickelnde und zu konstruierende Systemkomponenten

Im Fokus der Entwicklung des Ankersystems steht die auskragende Konstruktion mit dem erforderlichen Mechanismus zum Bewegen der Konstruktion. Als Ergebnis der Arbeit wird eine konstruktive Lösung der Aufgabenstellung als Basiskonzept, wie bereits in Kap. 3.3.1 beschrieben, erarbeitet.

Systemkomponenten die keinen oder nur geringen indirekten Einfluss auf die auskragende Konstruktion haben, werden im Rahmen dieser Arbeit nicht im Detail, sondern nur im Ausmaß wie für die konstruktive Lösung unbedingt erforderlich, behandelt. Dies betrifft beispielsweise die Ankerwinde, den konkreten Aufbau des Kettenkastens, erforderliche Anschlussstellen zur Befestigung der Konstruktion im Rumpf und Ausbrüche an Deck oder am Bug der Yacht. Auch auf sämtliche Steuer- beziehungsweise Regelungssysteme zum Betrieb des Ankersystems wird nicht näher eingegangen. Nicht näher behandelte Systemkomponenten werden bei der

Entwicklung so weit berücksichtigt, dass zur Verwendung des Ankersystems erforderliche Anpassungen der Yacht oder auch des Ankersystems seitens der Yachtkonstruktion möglichst effizient durchgeführt werden können.

Konstruiert werden sämtliche die auskragende Konstruktion beziehungsweise den Mechanismus direkt betreffende Elemente. Normteile und fertige Einbauteile, wie beispielsweise Kettenrollen oder hydraulische und elektrische Aktuatoren, werden dabei konstruktionsgerecht vereinfacht dargestellt. Untergeordnete Bauteile, wie elektrische Leitungen oder hydraulische Rohrsysteme, werden angedacht und berücksichtigt aber nicht konstruktiv ausgearbeitet.

Die vorgegebenen Komponenten des Ankergeschirrs: der Anker, der Wirbelschäkel und die Ankerkette (s.Kap. 3.3.7) werden in die konstruktive Ausführung miteinbezogen. In Abhängigkeit der Konstruktion des Ankersystems wird die vorgegebene Bugform (s.Kap. 3.3.6) entsprechend angepasst und dabei benötigte Ausbrüche und Umgestaltungen des Buges konstruktiv vereinfacht dargestellt.

### **3.3.3 Konstruktions- und Planungsprinzipien**

Als Konzept für die Prototypenfertigung beziehungsweise Fertigung geringer Stückzahlen wird die Konstruktion in klassischer schweiß- und bearbeitungsgerechter Bauweise ausgeführt.

Im Allgemeinen erfolgt die Einzelteilgestaltung auf Rohmaterialbasis von Blechen und Stangenware in Richtung NC-fertigbarer Bauteile, beispielsweise als automatisierte Blechzuschnitte oder als Bearbeitungsfolgen auf programmierbaren Zerspanungsmaschinen.

Die entwickelte Konstruktion und einzelne relevante Baugruppen werden anhand übersichtlicher Ansichten dargestellt und beschrieben. Für die konzeptionelle Ausführung des zu entwickelnden Ankersystems werden im Rahmen dieser Arbeit detaillierte Ausarbeitungen von Fertigungs-, Schweiß- oder Montageplänen nicht behandelt.

### **3.3.4 Mittiger Anker**

Wie in Kap. 2.4.5 erläutert, können Anker beziehungsweise Ankersysteme an unterschiedlichen Stellen des Buges platziert werden. Für das zu entwickelnde Ankersystem ist die Positionierung eines einzelnen, mittigen Ankers (in der Mittschiffsebene, s.Abb. 2.20) im Bereich des Vorstevens zu betrachten (s.Abb. 3.6). Die Verwendung seitlicher in Ankertaschen gehaltener Anker, Heckanker oder etwaiger Sonderankersysteme unterhalb der Wasserlinie werden für die Entwicklung des Ankersystems nicht behandelt.

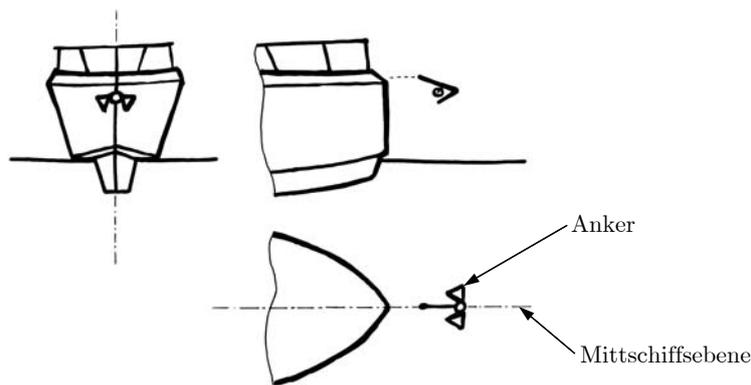


Abb. 3.6: Positionierung des Ankers am Bug

### 3.3.5 Im Rumpf verstauter Anker

Durch geeignete konstruktive Maßnahmen soll das Ankersystem eine optische Verbesserung der Yacht im Vorderschiff erzielen. Dazu soll bei gelichtetem Anker die Konstruktion und auch der Anker selbst möglichst nicht sichtbar im Inneren des Rumpfes untergebracht werden und nicht wie bei konventionellen Ankersystemen außen sichtbar am Bug oder an der Bordwand.

Das Unterbringen der auskragenden Konstruktion mitsamt dem Anker im Rumpf erfordert eine Anpassung des Yachtaufbaus im Inneren des Vorderschiffes (s. Abb. 3.7). Der zusätzlich benötigte Raum des Ankersystems und damit eine mögliche Umgestaltung der Schottwand und des Unterdecks im Vorderschiff müssen seitens des Yachtdesigns und der Yachtkonstruktion abgestimmt und berücksichtigt werden.

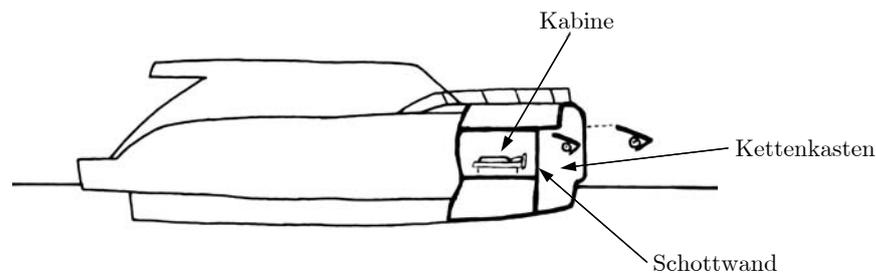


Abb. 3.7: Yachtaufbau im Vorderschiff

### 3.3.6 Bugform

Wie in Abb. 3.8 dargestellt, ist die Geometrie der Bugform anhand eines Vorderschiffes einer konkreten Yacht vorgegeben. Das Vorderschiff ist zur Konstruktion des Ankersystems auf die im Wesentlichen benötigten Komponenten wie Bordwand, Spanten, Schottwand und tragende Komponenten der Deckebenen reduziert (s. Abb. 3.9).

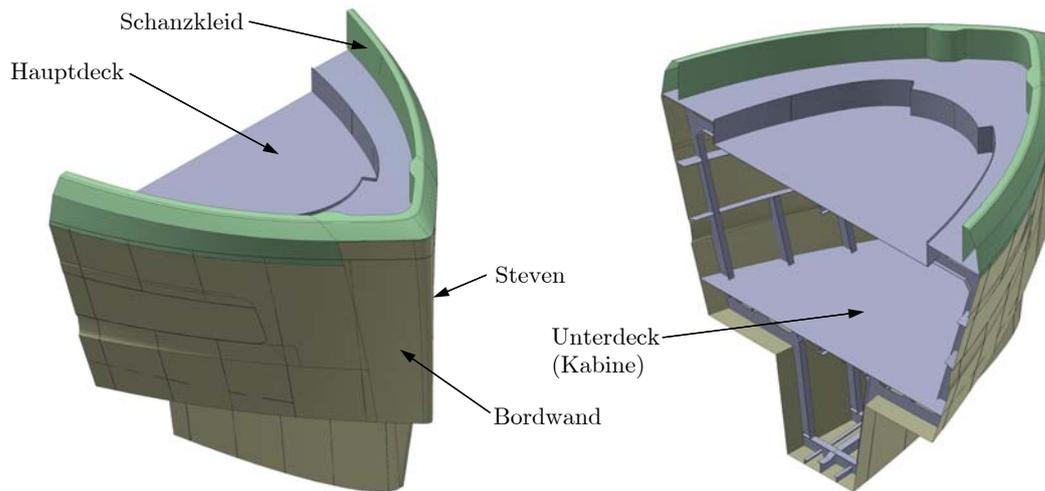


Abb. 3.8: Vorgegebene Bugform, isometrische Ansichten von vorne (li.) und hinten (r.)

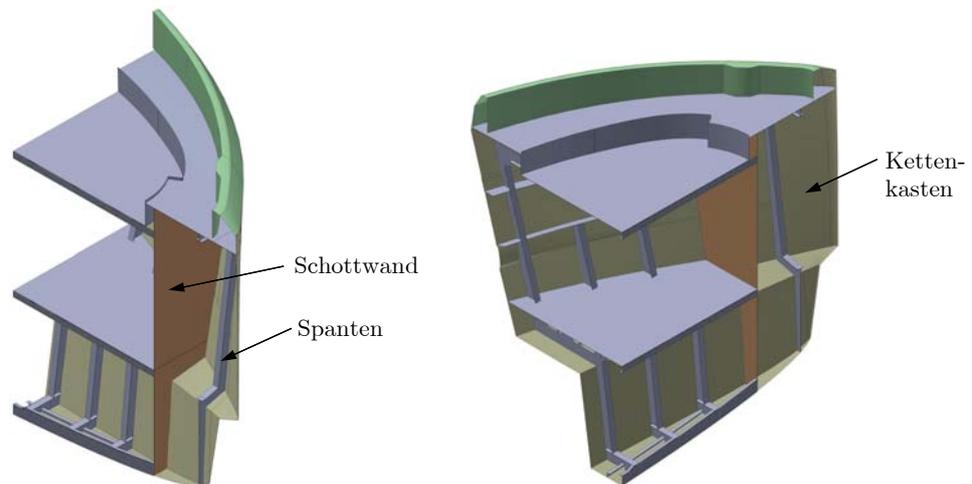


Abb. 3.9: Vorgegebene Bugform, isometrische Schnittansichten (Mittschiffsebene) von vorne (li.) und hinten (r.)

Die vorgegebene Bugform entspricht dem Vorderschiff einer konkreten Yacht mit einer Länge über alles von **24 m (80 ft)** und eignet sich durch den **geraden Steven** (s.Kap. 2.3.2.2) sehr gut zur Entwicklung und zur Konstruktion des zu entwickelnden Ankersystems. [23]

Als Referenz zur vorgegebenen Bugform kann der Bug der im folgenden Kap. 3.3.6.1 gezeigten *E 54 SUY* von *Energy Yachts* betrachtet werden. Es ist aber zu beachten, dass die vorgegebene Bugform dem Vorderschiff einer größeren Variante dieser in Kap. 3.3.6.1 gezeigten Yacht entspricht. [23]

Die folgende Abb. 3.10 zeigt den Bug in der Vorderansicht (li.), in der Profilansicht (re.) und in der Grundansicht (u.). Die Höhe über der Wasserlinie (Konstruktionswasserlinie, s.Kap. 2.3.2) und der relativ stumpfe Winkel des Buges sind in der Profilansicht beziehungsweise in der Grundansicht bemaßt. Die Bugform mit senkrechtem Steven ist im Profil der Yacht sehr gut erkennbar.

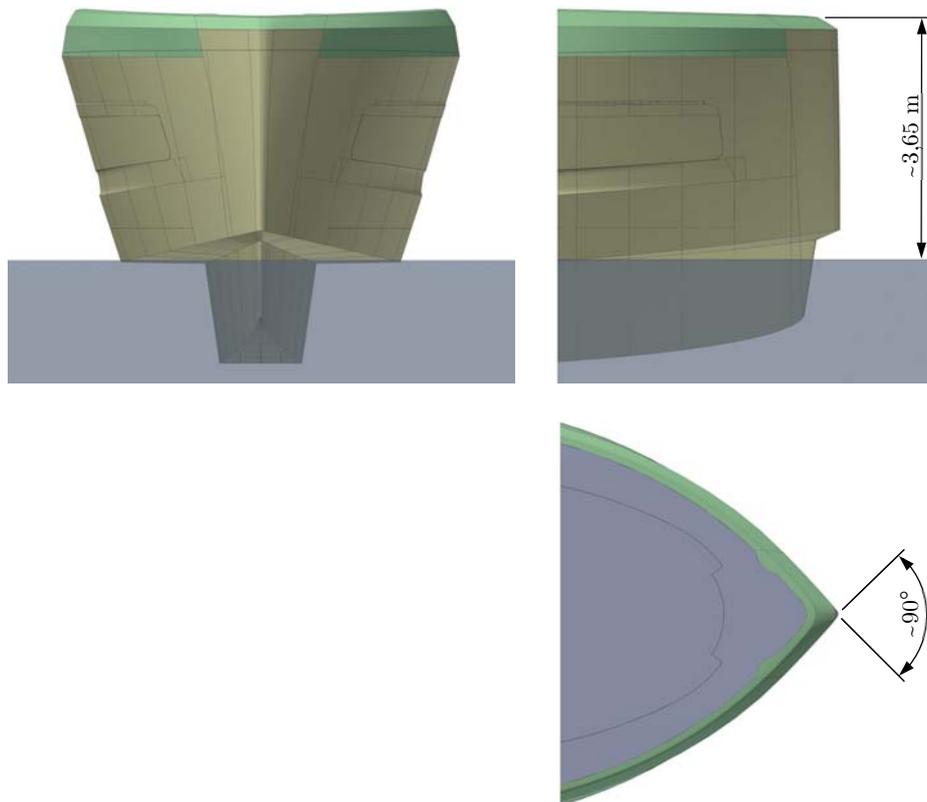


Abb. 3.10: Vorderansicht (li.) Profilansicht (r.) und Grundansicht (u.) der vorgegebenen Bugform

Diese Bugform mit geradem Steven beziehungsweise die schematische Kontur der gesamten Yacht wurde bereits in den Abbildungen der ersten Kapitel der Aufgabenstellung (Kap. 3.1, 3.2 und 3.3), wie beispielsweise in Abb. 3.1, angedeutet.

### 3.3.6.1 Referenz yacht

Als anschauliches Beispiel einer Yacht mit der beschriebenen Bugform beziehungsweise mit der vorgegebenen Geometrie des Vorderschiffs, kann eine Yacht der Type *E SUY* (*Energy Space Utility Yacht*) von *Energy Yachts* betrachtet werden. Konkret wird im Folgenden eine *E 54 SUY* dargestellt.

In ähnlicher Weise wie einleitend im Kap. 2.3, ist in Abb. 3.11 und Abb. 3.12 anhand von Profil- und Deckansichten der Aufbau der *E 54 SUY* dargestellt.

In der Profilansicht in Abb. 3.11 ist der gerade Steven am Bug der Yacht deutlich erkennbar. Auch die Ähnlichkeit der Geometrie des Vorderschiffs dieser Yacht mit der gegebenen Bugform ist durch eine vergleichende Betrachtung der Abb. 3.10 mit der Abb. 3.11 und Abb. 3.12 ersichtlich.



Abb. 3.11: *E 54 SUY* Profilsicht [20]



Abb. 3.12: *E 54 SUY* Deckansichten [20, 21]

Die dargestellte *E 54 SUY* mit einer Länge von 16,5 m (54 ft) dient als veranschaulichendes Referenzbeispiel. Die für diese Arbeit vorgegebene Bugform entspricht dem Vorderschiff einer größeren Variante dieser Yacht mit einer Länge von 24 m (80 ft).

Die Entwicklung des Ankersystems erfolgt im Rahmen dieser Arbeit zwar für eine größere Variante der Yacht, kann aber wie am Bug der *E 54 SUY* bereits angedeutet, auch auf kleinere Yachtgröße umgelegt werden. Das in der Konstruktion in Kap. 5 erarbeitete Ankersystem ist

in Abb. 3.13 am Bug der Yacht, etwas unter dem Schanzkleid, schemenhaft erkennbar (vgl.Kap. 5.1 und Abb. 5.1).



Abb. 3.13: *E 54 SUY* Bug [20]

### 3.3.7 Anker und Zubehör

Das Kernelement des zu entwickelnden Ankersystems bildet der Anker vom Typ **Seahawk** (s.Kap. 2.4.3.4). Wie in der folgenden Abb. 3.14 dargestellt, wird zur Verbindung des Seahawk mit der Ankerkette ein *WASI Power Ball* Wirbelschäkel (s.Kap. 2.4.4.2) verwendet.

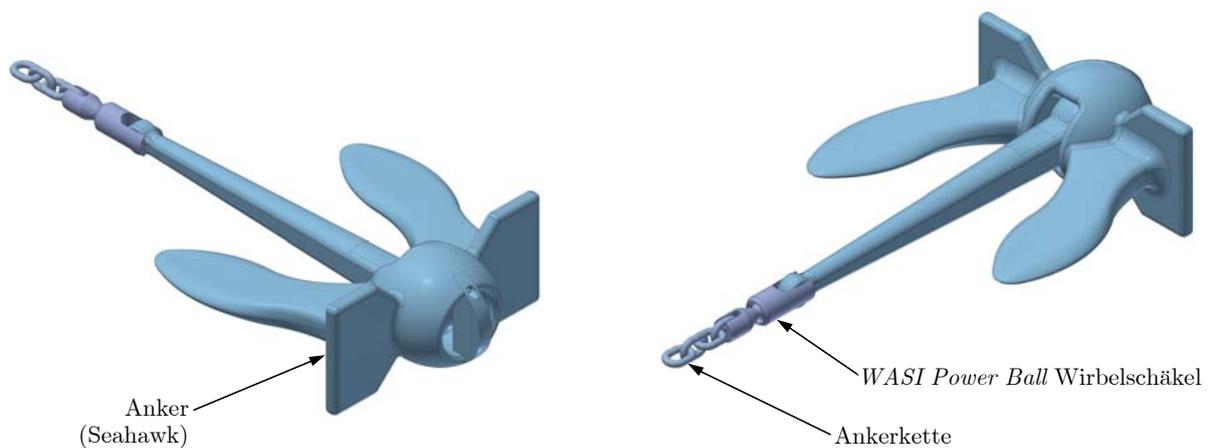


Abb. 3.14: Seahawk mit *WASI Power Ball* Wirbelschäkel und Ankerkette

Passend zur Yachtgröße von 24 m (80 ft) wird der Seahawk in geeigneter Größe mit **85 kg** (s.Abb. 2.54) gewählt. Die Hauptabmessungen des gewählten Ankers sind in der folgenden Abb. 3.15 angegeben. [22]

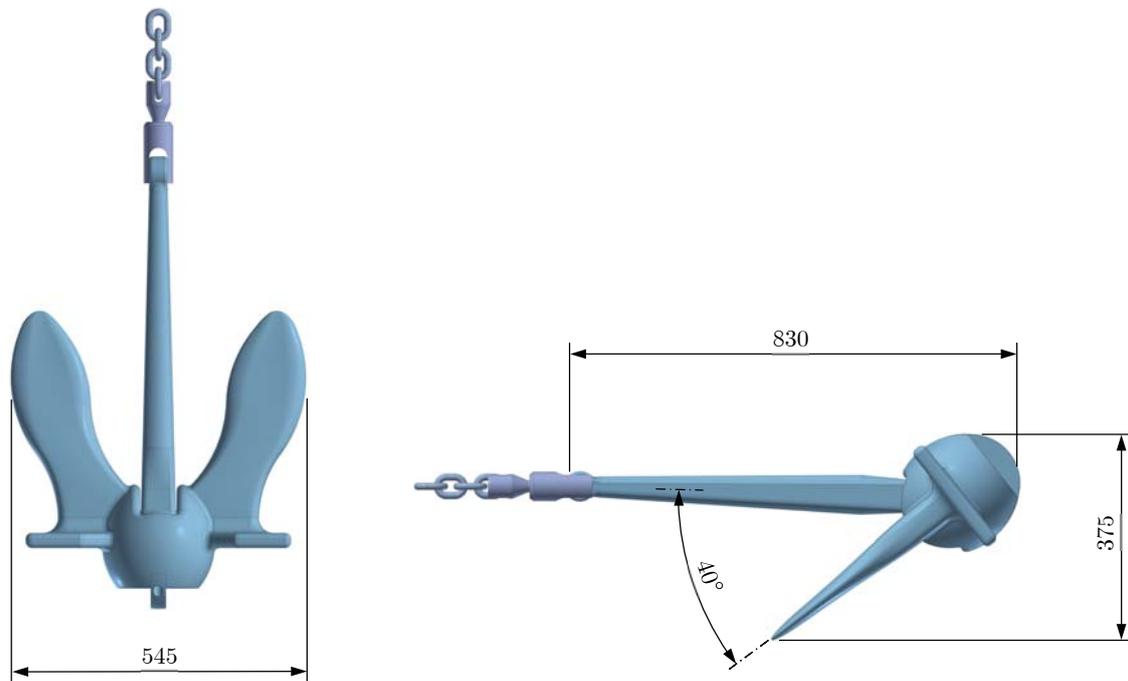


Abb. 3.15: Hauptabmessungen des Seahawk 85 kg

Der zum 85 kg Seahawk passende *WASI Power Ball* Wirbelschäkel ist für 13 mm Ketten dimensioniert. Dadurch ergibt sich eine Ankerkette mit 13 mm Kettendurchmesser. [22, 58, S. 35]

Die folgende Betrachtung dient zur Veranschaulichung der Gewichtsverhältnisse an Bord der Yacht:

Der gewählte Seahawk hat eine Masse von 85 kg. Die 13 mm Ankerkette hat ein Kettengewicht von 3,9 kg/m, wodurch eine angenommene Gesamtkettenlänge von 120 m (beispielsweise für eine ungefähre Wassertiefe von 20 m, s.Kap. 2.4.2.2) eine Masse der Ankerkette von gerundet 470 kg ergibt. Die Summe der Massen von Anker, Wirbelschäkel und Ankerkette ergeben dann ein Gesamtgewicht von in etwa 555 kg. [34, S. 4]

## 4 Konzeptentwicklung

Zur Ermittlung einer geeigneten Lösung der Aufgabenstellung werden mögliche Lösungsansätze in Form von schematischen Konzepten erarbeitet und verglichen. Das Ergebnis der Konzeptentwicklung ist ein geeignetes Basiskonzept für die anschließende konstruktive Ausführung des Ankersystems.

Dazu werden in einer Konzeptvorauswahl mögliche generelle Ansätze zur Lösung der Aufgabenstellung grob betrachtet, miteinander verglichen und eines dieser Konzepte als Grundkonzept für die anschließende detailliertere Ausarbeitung ausgewählt. In der weiteren Konkretisierung des Grundkonzepts wird diese gewählte Lösungsvariante weiter verfeinert und einzelne Systemkomponenten im Detail konzipiert.

### 4.1 Konzeptvorauswahl

Zur Erarbeitung eines Grundkonzepts werden unterschiedliche Möglichkeiten für den Mechanismus zum Bewegen der auskragenden Konstruktion betrachtet.

Die grundlegende Unterscheidung der Lösungskonzepte basiert auf der unterschiedlichen Art, wie sich der eingefahrene Arm aus dem Innenraum des Rumpfes in die auskragende, ausgefahrene Position von der Bordwand weg bewegt. Anhand schematischer Abbildungen sind mögliche Mechanismen dargestellt, wobei jeweils links der eingefahrene und rechts der ausgefahrene Arm gezeigt wird. Die Eigenschaften und Auswirkungen der unterschiedlichen Konzeptansätze werden grob beschrieben und miteinander verglichen.

#### 4.1.1 Über das Schanzkleid ausklappender Arm

Das erste behandelte Konzept ist im Funktionsprinzip ähnlich dem normalen ausklappenden Arm, wie in Kap. 2.4.5.3 beschrieben. Um aber den geforderten größeren Abstand zur Bordwand zu erreichen, muss der ausklappende Arm in entsprechend großer auskragender Länge ausgeführt werden. In Abb. 4.1 ist das Prinzip dieses ausklappenden Armes in eingefahrenem und ausgefahrenem Zustand dargestellt.

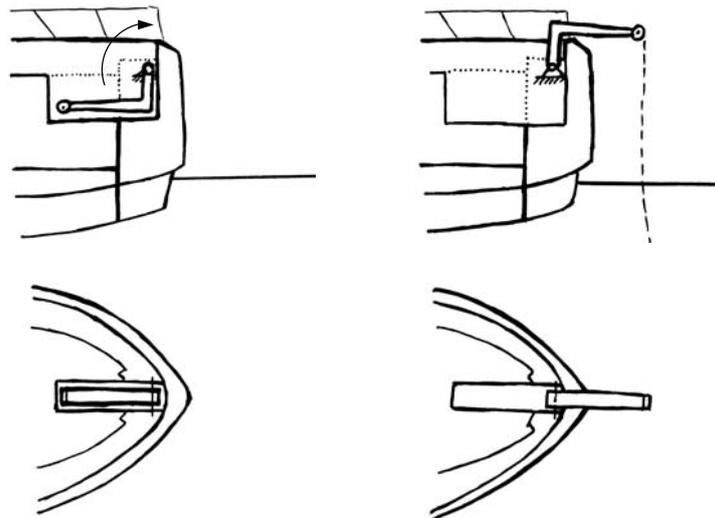


Abb. 4.1: Funktionsprinzip des über Deck ausklappenden Armes

Im eingefahrenen Zustand befindet sich der Arm, wie in Abb. 4.1 (li.) dargestellt, in einem geeigneten Stauraum unter dem Hauptdeck im Rumpf der Yacht. Die punktierte Kontur deutet dabei den erforderlichen Ausbruch in der vorhandenen Yachtgeometrie an. Zur Abdeckung des Stauraums sind Abdeckklappen am Hauptdeck erforderlich, die sich beim Bewegen des Armes öffnen.

Beim Ausklappen schwenkt der Arm  $180^\circ$  über ein Drehgelenk aus dem Stauraum in die ausgefahrene Position über dem Schanzkleid (s. Abb. 4.1). Das Einklappen des Armes erfolgt in umgekehrter Weise.

Im Vergleich zu den später genannten Konzepten liegt der Vorteil dieses Systems darin, dass es zu keiner Durchdringung des Armes mit der Bordwand kommt und dadurch kein Ausbruch in der Bordwand erforderlich wird. Die Reling am Bug muss jedoch an das Ankersystem angepasst werden, um das Ausschwenken des Armes über das Schanzkleid ohne Kollision mit der Reling zu ermöglichen. Des Weiteren ist eine relativ große Umgestaltung des Unterdecks im Vorderschiff für den Stauraum des Armes erforderlich.

Mit steigender Höhe des Armes über der Wasserlinie nimmt der erforderliche Abstand zur Bordwand beziehungsweise die Auskragung des Armes zu. In Folge der relativ großen Höhe des Armes über der Wasserlinie wird daher im Vergleich zu anderen Konzepten eine längere Armlänge benötigt. Ein längerer Arm erfordert in weiterer Folge eine entsprechend massive Konstruktion des gesamten Ankersystems. Auch der erforderliche Platz des Stauraums im Rumpf der Yacht wird durch den längeren und größeren Arm verhältnismäßig groß, wie in Abb. 4.1 schematisch dargestellt.

Da dieses Konzept einen vergleichsweise hohen Platzbedarf im Vorderschiff verlangt, wird es als ungeeigneter Lösungsansatz eingestuft. Auch der aus dem Deck ausschwenkende Arm stellt

für Personen, die sich während dem Ein- und Ausklappen des Armes in diesem Bereich an Deck aufhalten, ein gewisses Sicherheitsrisiko dar. Bei anderen Konzepten ist dies nicht der Fall. Bei näherer Betrachtung des Konzepts könnte sich auch die Kettenführung durch den abgewinkelten und zusätzlich um 180° schwenkbaren Arm als komplex erweisen.

#### 4.1.2 Aus dem Bug ausklappender Arm

Bei einem weiteren Konzept des ausklappenden Armes wird dieser nicht, wie in Kap. 4.1.1 beschrieben, über das Schanzkleid, sondern durch das Schanzkleid und die Bordwand hindurch ausgeklappt. Dies erfordert geeignete Ausbrüche. In Abb. 4.2 ist der ein- und ausgeklappte Zustand des Armes nach diesem Konzept dargestellt. Die punktierte Linie symbolisiert den erforderlichen Ausbruch der Yachtgeometrie.

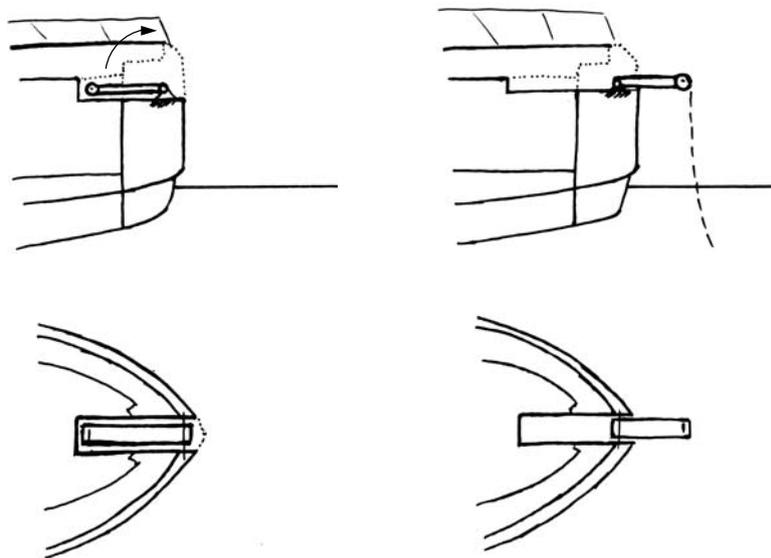


Abb. 4.2: Funktionsprinzip des aus dem Bug ausklappenden Armes

Im Vergleich zum über dem Schanzkleid ausklappenden Arm hat dieses Konzept den Vorteil, dass es durch die geringere Höhe über der Wasserlinie einen kürzeren Arm und dadurch einen kleineren Stauraum für den Arm sowie allgemein weniger große Komponenten des Ankersystems erfordert.

Durch den optisch ungünstigen und verhältnismäßig großen erforderlichen Ausbruch im Schanzkleid und in der Bordwand am Bug, ist dieses System als absolut ungeeignet zu betrachten. Eine mögliche Lösung zur Abdeckung der ausgebrochenen Stellen ist relativ schwierig umzusetzen. Auch hinsichtlich dem Sicherheitsrisiko für Personen, die sich während dem Ein- und Ausklappen des Ankers am Bug aufhalten, bietet dieses Konzept keine bessere Lösung als jenes des über dem Schanzkleid ausklappenden Armes in Kap. 4.1.1.

Eine andere Variante des aus dem Bug ausklappenden Armes ist in der folgenden Abb. 4.3 dargestellt. Wie gezeigt schwenkt dabei der Arm um 90° aus dem Vorsteven aus.

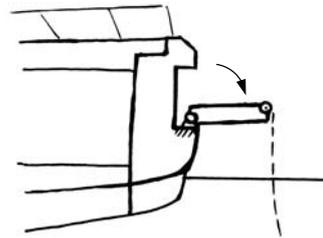


Abb. 4.3: Funktionsprinzip des aus dem Bug ausklappenden Armes, weitere Variante

Bei dieser Variante des aus dem Bug ausklappenden Armes wird das Schanzkleid nicht durchbrochen und auch das Sicherheitsrisiko für Personen, die sich während des Bewegens des Armes am Bug aufhalten, ist durch den nicht über Deck schwenkenden Arm beseitigt.

Die Länge des ausgeklappten Armes ist durch die Höhe des Stevens begrenzt. Wie in Abb. 4.3 erkennbar, ist der Ausbruch nach oben bis zu einem gewissen Abstand unter die Oberkante des Schanzkleids möglich und nach unten hin durch einen erforderlichen Mindestabstand zur Wasserlinie begrenzt. Dieser Mindestabstand zur Wasserlinie ist erforderlich, damit bei Seegang nicht übermäßige Wassermengen in den Kettenkasten eindringen können.

Nachteilig bei diesem Konzept ist der sich ergebende, vergleichsweise große Ausbruch der Bordwand am Vorsteven: Ein längerer Arm erfordert einen höheren Ausbruch und da der Abstand zur Bordwand eher groß sein soll, wird bei diesem Konzept auch der Ausbruch der Bordwand verhältnismäßig groß. Daher ist auch diese Variante des ausklappenden Armes als nicht optimal geeignet einzustufen.

### 4.1.3 Linear ausfahrender Arm

Eine sehr gut geeignete Konzeptvariante zur Bewegung des Armes aus dem Rumpf der Yacht funktioniert nach dem Prinzip einer Schublade. Wie in Abb. 4.4 dargestellt, wird dabei der Arm horizontal linear durch eine Öffnung in der Bordwand bewegt.

Die Abdeckung dieser vergleichsweise kleinen Öffnung ist relativ einfach umzusetzen: Dazu wird am vorderen Teil des Armes eine Abdeckblende angebracht, die bei eingefahrenem Arm die Öffnung verschließt.

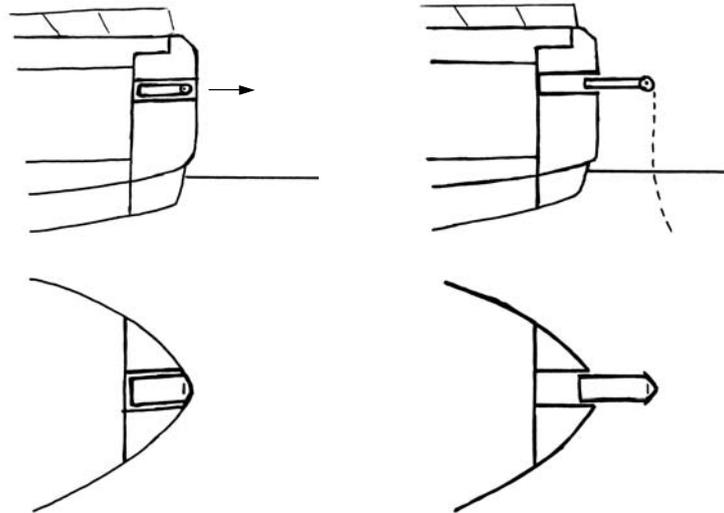


Abb. 4.4: Funktionsprinzip der linear ausfahrenden Ankerlade ohne Durchdringung der Schottwand

Bei steigender Armlänge zum Erreichen eines größeren Abstands zum Bug, nimmt die erforderliche Länge des Stauraums im Rumpf zu. Der somit längere Stauraum für den eingefahrenen Arm durchdringt dann die Schottwand, was in diesem Bereich des Vorderschiffs eine entsprechende Umgestaltung erfordert. Konkret ist die Schottwand geeignet anzupassen und für die Gestaltung der Kabine hinter der Schottwand, das in den Kabinenraum ragende Ankersystem zu berücksichtigen.

Um den Einfluss auf den Raum und die Platzverhältnisse in der Kabine möglichst gering zu halten, kann, wie in der folgenden Abb. 4.5 schematisch dargestellt, das in den Kabinenraum ragende Ankersystem relativ flach an der Kabinendecke positioniert werden.

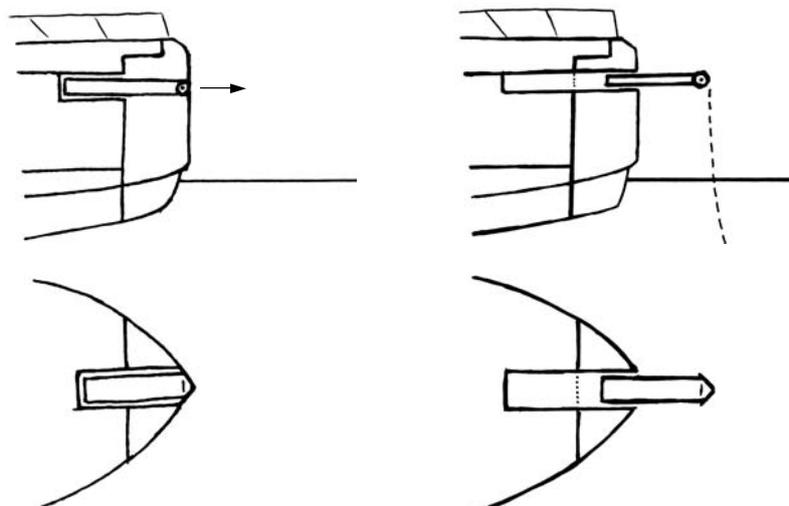


Abb. 4.5: Funktionsprinzip der linear ausfahrenden Ankerlade mit Durchdringung der Schottwand

Eine andere Möglichkeit den Abstand der ausgefahrenen Lade zur Bordwand zu erhöhen, basiert auf dem Konzept nach einem Teleskoparm ähnlich dem eines Teleskopkrans. Dabei verfährt, wie in Abb. 4.6 dargestellt, aus dem ersten ausfahrenden Arm ein weiterer Arm.

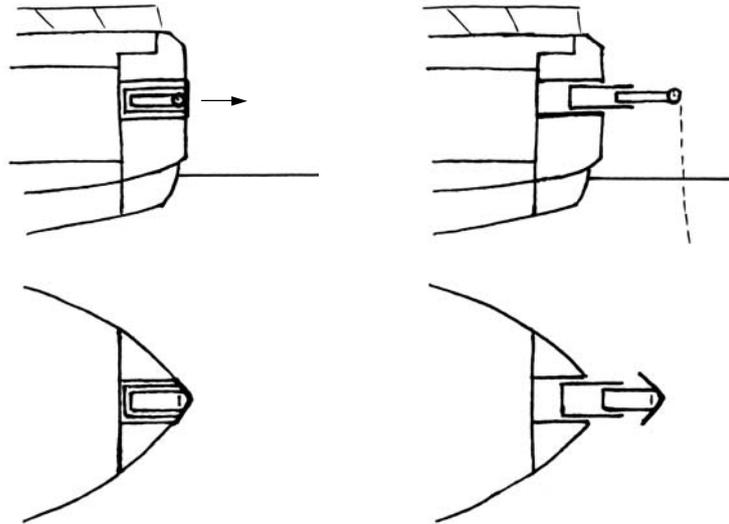


Abb. 4.6: Funktionsprinzip der linear ausfahrenden Ankerlade als Teleskoparm

Die praktische Umsetzung dieses Konzepts ist durch die verschachtelte Ausführung der beiden ineinander geführten Arme wesentlich komplexer als das Konzept der einfachen Schublade. Zudem erfordert der Teleskoparm die doppelte Anzahl an Führungen (s.Kap. 4.2.3) und Sperrmechanismen (s.Kap. 4.2.5) für beide Arme. Dadurch wird diesem Konzept der Ankerlade als Teleskoparm das Konzept der einfachen Schublade vorgezogen.

#### 4.1.4 Gewähltes Grundkonzept

Zur Lösung der gegebenen Problemstellung bildet das Konzept mit horizontal linear ausfahrenden Arm einen besseren Lösungsansatz als Konzepte mit ausklappenden Armen.

Die entscheidenden Vorteile eines linear ausfahrenden Armes im Vergleich zu ausklappenden Armen sind im Folgenden zusammengefasst: Dadurch, dass der Arm nicht über beziehungsweise durch das Schanzkleid ausklappt, sind keine Ausbrüche im Hauptdeck oder gar im Schanzkleid erforderlich. Auch die Verletzungsgefahr für Personen im vorderen Bereich des Hauptdecks ist dadurch nicht gegeben. Der benötigte Ausbruch in der Bordwand, durch welchen der Arm linear bewegt wird, ist verhältnismäßig klein und einfach zu realisieren. Zudem ist der Platzbedarf für das Ankersystem im Vorderschiff beziehungsweise in der Kabine durch die flache Konstruktion des linear beweglichen Armes verhältnismäßig gering.

Als Grundkonzept für die weitere Konkretisierung und detailliertere Konzipierung wird daher das Konzept mit linear ausfahrendem Arm, nach dem Prinzip einer Schublade gewählt (Abb. 4.5). Dieses Konzept wird im Rahmen dieser Arbeit unter dem Titel „**Ankerlade**“ behandelt.

## 4.2 Konkretisierung des Konzepts Ankerlade

Die im Folgenden genannten Detailkonzepte der Systemkomponenten der Ankerlade wurden teilweise vorab im Rahmen der Konzeptstudie, aber zum Teil auch erst durch Erkenntnisse während der Konstruktionsphase erarbeitet. Die Ansätze zur Konkretisierung des Konzepts der Ankerlade werden in diesem Kapitel nur übersichtlich und zusammenfassend genannt und nicht ausführlicher erklärt. Jene Konzepte, die in der anschließenden Konstruktion umgesetzt wurden, sind anhand der Konstruktion im Kap. 5 mittels Abbildungen und Erklärung der Funktionsweise einzelner Komponenten näher beschrieben.

### 4.2.1 Einbauposition und Hauptmaße

Wie bereits erwähnt, empfiehlt sich der Einbau der Ankerlade knapp unter der Kabinendecke des Vorderschiffs (s. Abb. 4.7). Damit die Unterkonstruktion des Hauptdecks über der Eignerkabine nicht durchbrochen wird, ist eine höhere Positionierung der Ankerlade über dieser Einbaulage nicht zulässig. Seitens der Yachtkonstruktion sind eine Änderung der Schottwand und die Anpassung der Kabinenraumgestaltung an die in die Kabine ragende Ankerlade erforderlich.

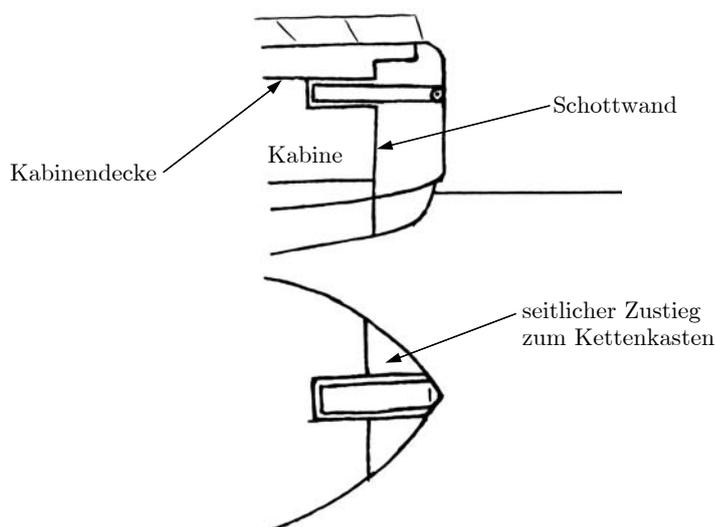


Abb. 4.7: Einbauposition der Ankerlade

Im vorderen Bereich der Kabine hinter der Schottwand befindet sich, wie beispielsweise in Abb. 3.12 ersichtlich, ein Doppelbett. Die Raumhöhe der Kabine kann in diesem Bereich durchaus etwas geringer ausgeführt werden, da im Bereich des Bettes die volle Raumhöhe für ein aufrechtes Stehen von Personen ohnehin nicht erforderlich ist. Um die Raumhöhe dennoch so gering wie möglich zu beeinflussen, ist der in die Kabine ragende Teil der Ankerlade so flach wie möglich zu konzipieren.

Die Breite der Ankerlade hat im Vergleich zur Höhe nur geringen Einfluss auf die Raumbestimmung. Um aber den Zustieg von Deck in den Kettenkasten bis unter die Ankerlade zu ermöglichen, ist ein gewisser freibleibender Querschnitt seitlich der Ankerlade im Kettenkasten erforderlich (s. Abb. 4.7).

Die Armlänge und damit die in den Kabinenraum ragende Länge der Ankerlade sind vom geforderten Abstand der Ankerkette zur Bordwand abhängig. Im Rahmen der Entwicklung der Ankerlade wurde ein Verhältnis des Abstands der Ankerkette von der Bordwand zur Höhe des Armes über der Wasserlinie von ungefähr  $A : H \approx 2 : 3$  festgelegt (s. Abb. 4.8). Durch die abgeschätzte Höhe der eingebauten Ankerlade über der Wasserlinie von  $H \sim 2,4$  m ergibt sich der Abstand der Ankerkette zur Bordwand mit  $A \sim 1,6$  m als ungefähre Richtwert.

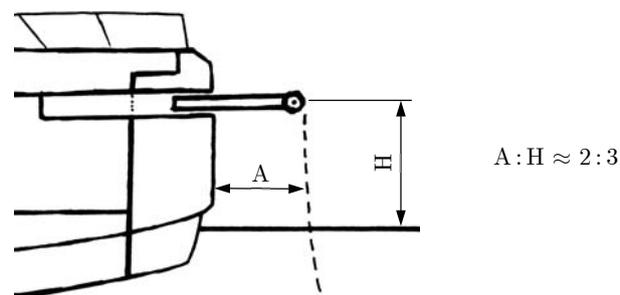


Abb. 4.8: Verhältnis des Abstands von der Bordwand zur Höhe des Armes über der Wasserlinie

Seitens der Yachtinnenausstattung ist der in die Kabine ragende Teil der Ankerlade mit einer zum Kabinendesign passenden Verkleidung zu gestalten. Dazu ist beispielsweise neben einer geeigneten optischen Form- und Oberflächengestaltung auch die Anbringung von Leuchtmitteln möglich. Empfehlenswert ist unter der optischen Verkleidung die Verwendung einer zusätzlichen Schalldämmung, um die Geräuschemission der über die Kettenrollen laufenden Ankerkette und der Aktuatoren des Ankersystems in den Kabinenraum zu reduzieren.

## 4.2.2 Aufbauprinzip und Anschlussstellen im Rumpf

Das Ankersystem der Ankerlade wird in Modulbauweise konzipiert. Dabei ist die Ankerlade ein eigenes, von der Yacht größtenteils unabhängiges, Modul. Diese Bauweise ermöglicht eine von der Yacht getrennte Fertigung der gesamten einbaufertigen Ankerlade und eine relativ einfache Montage dieses Ankersystems im Rumpf der Yacht.

Die Montage des Ankersystems an Bord der Yacht erfolgt durch Einschub der Ankerlade durch die am Bug befindliche Öffnung, die für den ausfahrenden Arm erforderlich ist. Dadurch sind für den Einbau des Ankersystems keine zusätzlichen Montageausbrüche in der Bordwand oder im Hauptdeck erforderlich, wodurch die Montage der Ankerlade als Modul auch an einer bereits

fertig ausgestatteten Yacht erfolgen kann. Vorteil dieses Montagekonzepts nach dem Einschubprinzip ist auch der relativ einfache Ausbau der gesamten Ankerlade, beispielsweise zur Wartung oder zum Tausch des Ankersystems.

Seitens der Yachtkonstruktion sind geeignete Anschlussstellen zur Befestigung der Ankerlade im Rumpf vorzusehen und die benötigten Platzverhältnisse im Vorderschiff zu berücksichtigen.

Der konkrete Aufbau der Ankerlade erfolgt in drei Hauptbaugruppen, die in der Konstruktion des Ankersystems in Kap. 5.2 im Detail gezeigt werden. Diese sind: Der **Träger**, der das Anschlusselement zur Befestigung der Ankerlade im Rumpf bildet, der **Tunnel**, der zur Führung des ausfahrenden Armes im Rumpf montiert wird und die **Lade**, die dem ausfahrenden Arm entspricht.

### 4.2.3 Führung der Lade

Für die lineare Führung der Lade im Tunnel wurden zwei grundsätzliche Konzepte angedacht: die Führung mittels Profilschienenführungen und die Führung über Gleitbahnen.

Durch ein mögliches Verkleben beweglicher Lagerteile von Profilschienenführungen, sind auch bei seewasserbeständiger Ausführung des Lagerwerkstoffs diese Systeme für den Einsatz zur Führung der Lade weniger gut geeignet als die vergleichsweise einfach aufgebauten Gleitbahnen. Für den Einsatz in seewasserhaltiger Atmosphäre wird daher das Konzept mit Gleitbahnen bevorzugt. Als Werkstoff empfiehlt sich ein für Gleitführungen geeigneter, seewasserbeständiger Kunststoff.

In der schematischen Abb. 4.9 ist der Querschnitt der Ankerlade vereinfacht dargestellt und die mögliche Anordnung der Gleitbahnen in den vier Ecken eingezeichnet.

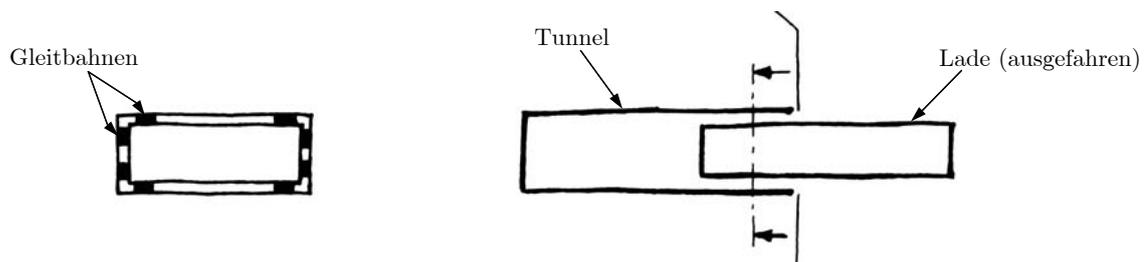


Abb. 4.9: Querschnitt der Ankerlade, Gleitbahnen zur Führung der Lade im Tunnel

Die konstruktive Umsetzung der Gleitbahnen im Detail ist im Kap. 5.3.1 ersichtlich.

#### 4.2.4 Antrieb zum Verfahren der Lade

Für den Mechanismus zum Ein- und Ausfahren der Lade aus dem Tunnel ist ein geeignetes Antriebssystem erforderlich.

Zwei seitlich an der Lade positionierte, symmetrische Antriebseinheiten, wie in Abb. 4.10 schematisch dargestellt, erweisen sich im Vergleich zu einer einzelnen Antriebseinheit als vorteilhaft: Da die Ankerkette durch die Mitte der Lade verläuft, ist der benötigte Platz für eine einzelne, mittig positionierte Antriebseinheit sehr begrenzt und daher die Verwendung zweier seitlicher Antriebseinheiten zu bevorzugen. Zudem weisen zwei seitlich angebrachte Antriebseinheiten ein wesentlich besseres Verhalten gegen ungewolltes Verkanten der Lade in den Gleitbahnen und auch eine allgemein günstigere Kraft- beziehungsweise Bewegungseinleitung zum Verfahren der Lade auf.

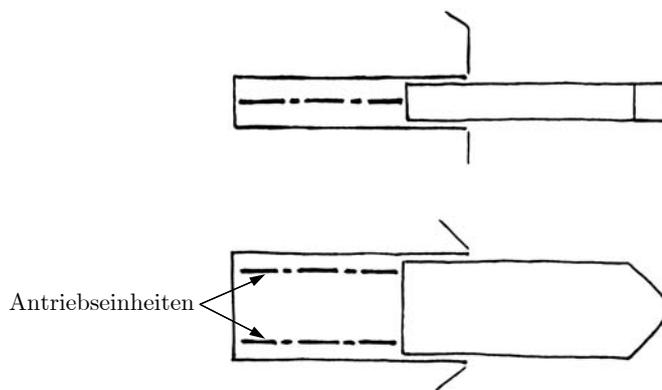


Abb. 4.10: Prinzip zweier seitlich positionierter Antriebseinheiten

Für den Antrieb wurden die unterschiedlichen, in Betracht gezogenen Varianten auf vier generelle Konzeptansätze reduziert: Hydraulikzylinder, Spindeltrieb, Zahnstangentrieb und Seilzugsystem.

Bei einem Vergleich dieser Systeme wurden die Varianten des Zahnstangentriebs und des Seilzugs aufgrund des verhältnismäßig größeren Platzbedarfs, der aufwändigeren praktischen Umsetzung, der höheren Anzahl an Einzelteilen und der möglicherweise erhöhten Fehleranfälligkeit ausgeschlossen.

Hydraulikzylinder und Spindeltrieb eignen sich in ähnlicher Weise zum Verfahren der Lade im Tunnel. Im Vergleich zum Spindeltrieb sind die Nachteile des Antriebssystems mit Hydraulikzylindern jedoch zum einen das höhere Eigengewicht der Komponenten und zum anderen der Durchhang der liegenden Hydraulikzylinder, bedingt durch den großen Hub. Um diesem Durchhang entgegenzuwirken ist eine Abstützung der Hydraulikzylinder erforderlich.

Als geeignetes Antriebssystem wird ein Spindeltrieb in symmetrischer Ausführung mit zwei hydraulisch synchronisierten Hydraulikmotoren gewählt, wie in Kap. 5.3.2 konstruktiv umgesetzt. Zum Treiben beider Spindeln mit nur einem Motor oder auch um generell ein besseres Synchronlaufen der Spindeln zu erreichen, könnten die beiden Spindeln über einen Kettentrieb mechanisch synchronisiert werden.

#### 4.2.5 Sperren der Lade

Ein Sperrmechanismus hält die Lade in ein- oder ausgefahrener Position fest und entlastet damit die Komponenten des Antriebssystems. Als Konzept für diesen Sperrmechanismus eignet sich die Verwendung von vier seitlich am Tunnel angebrachten Sperrbolzen.

Beim Sperren der Lade werden diese Bolzen mittels Hydraulikzylinder linear aus den Seitenwänden des Tunnels in Bohrungen in den Seitenwänden der Lade verschoben, wie in Abb. 4.11 schematisch dargestellt. Im Kap. 5.3.3 ist dieses Funktionsprinzip der Sperrbolzen anhand Abbildungen anschaulich dargestellt.

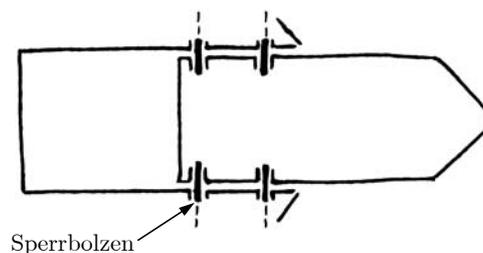


Abb. 4.11: Prinzip der Ladensperre mit vier in die Lade geschobenen Sperrbolzen

#### 4.2.6 Halten des Ankers

Ein wesentliches Detail der Ankerlade ist das System zum Halten und Stauen des Ankers in der Lade.

Da der Anker durch die Öffnung in der Bordwand bewegt werden muss, ist eine gewisse Mindestgröße dieser Öffnung in Abhängigkeit des Ankers erforderlich. Um die Größe dieser Öffnung relativ gering zu halten, muss der Anker in eine flache Lage gedreht werden. Dazu eignet sich die Verwendung einer Wippe, ähnlich der von Bugrollen in Kap. 2.4.5.1. Die durch die Neigung des Ankers erreichbare Mindesthöhe ( $H_{\min}$ ), die sich auf die Höhe der Öffnung in der Bordwand auswirkt, ist in der folgenden Abb. 4.12 schematisch dargestellt.

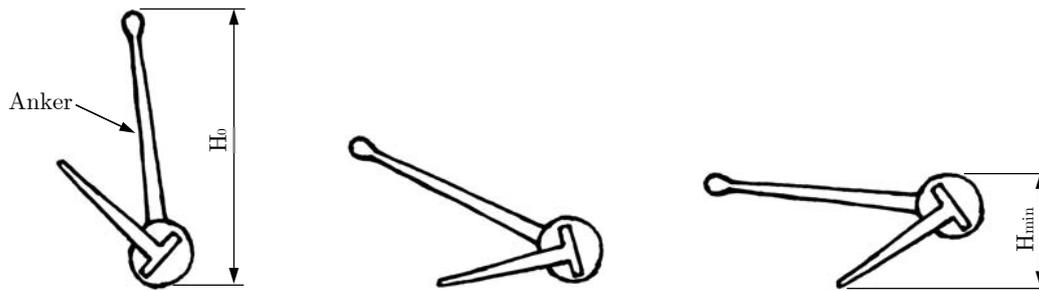


Abb. 4.12: Erreichbare Mindesthöhe durch Neigen des Ankers

Eine weitere Reduktion der Höhe ( $H_{\min}$ ) könnte durch Anlegen der Flunken über einen geeigneten Mechanismus, beispielsweise wie in Abb. 4.13 angedeutet, erfolgen.

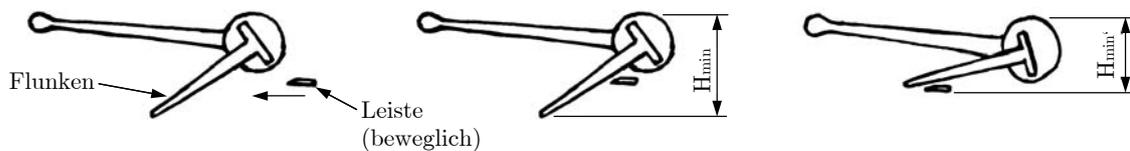


Abb. 4.13: Schematischer Mechanismus zum Anlegen der Flunken

Da im Vergleich zur Breite die Höhe der Bordwandöffnung auch ohne angelegte Flunken relativ gering ausgeführt werden kann, ist dieser Mechanismus für die Entwicklung des Ankersystems nicht unbedingt erforderlich. Die Breite der Bordwandöffnung ist dabei durch die Breite des Ankers begrenzt. Das System zum Anlegen der Flunken würde zusätzliche bewegte Systemkomponenten im vorderen Teil der Lade erfordern und wird daher für die konstruktive Ausführung der Ankerlade nicht weiter behandelt.

Im Kap. 5.3.4 ist die Ausführung der Wippe dargestellt.

Damit der Anker beim Verfahren der Lade in dieser Wippe gehalten wird und diese mitsamt dem Anker in der geeigneten Position bleibt, ist ein Sperrmechanismus für den Anker in der Wippe erforderlich. Würde die Wippe mit dem Anker nicht in der geeigneten Position gehalten werden, käme es beim Einfahren der Lade zu einer Kollision mit der Bordwand.

Das Konzept für diesen Sperrmechanismus der Wippe basiert darauf, dass der Schaft des Ankers durch zwei symmetrische, klauenförmige Sperrelemente in der geeigneten Lage festgehalten wird (s. Abb. 4.14). Die konkrete konstruktive Ausführung dieses Sperrmechanismus ist in Kap. 5.3.5 ersichtlich.

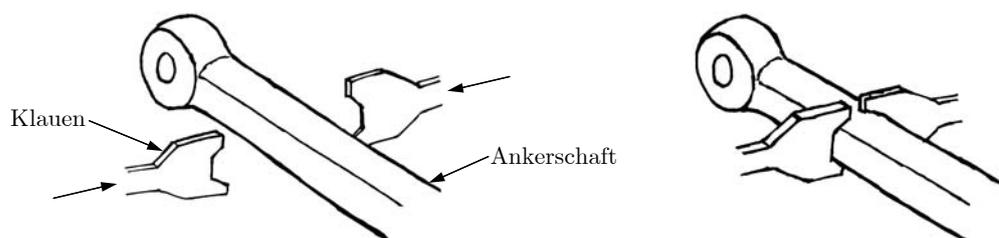


Abb. 4.14: Schema der Klaue zum Festhalten des Ankerschafts (Wippensperre)

Als Herausforderung hat sich im Rahmen der Konstruktion dieses Wippensperrsystems die Bewegung der beiden seitlich der Wippe angebrachten Klauen herausgestellt: Das ursprüngliche Konzept direkt an den Klauen angebrachter Hydraulikzylinder wurde durch ein anderes Konzept ersetzt, da sich die hydraulische Versorgung der in der Lade mitbewegten Hydraulikzylinder als schwierig erwies. Angedachte Konzepte von aufrollbaren oder in Kabelschleppern geführten Hydraulikschläuchen wurden nicht umgesetzt, da für Hydraulikleitungen von Ankersystemen fest verlegte Rohrsysteme flexiblen Schläuchen vorzuziehen sind.

Das konzipierte Wippensperrsystem ist in Kap. 5.3.5 durch Abbildungen dargestellt. Es basiert darauf, dass ein am Tunnel angebrachter Hydraulikzylinder bei ausgefahrener Lade über ein geeignetes Hebelsystem die Klauen der Wippensperre entsperrt. Druckfedern halten die Klauen beim Einfahren der Lade geschlossen und den Anker damit in geneigter Lage.

#### 4.2.7 Führung der Ankerkette

Ausgehend vom Anker wird die Ankerkette über Kettenrollen durch die Ankerlade und über das Taschenrad der Ankerwinde in den Kettenkasten unter der Ankerlade geführt. Für einen bestimmten Verlauf der Ankerkette sind Umlenkungen in Kettenrollen erforderlich.

Die erste Kettenrolle wird in der Lade hinter der Wippe positioniert, wie in Abb. 4.15 eingezeichnet. Damit kann bei in die Wippe gehobenem Anker durch Zug an der Ankerkette die Wippe in die flache Position geneigt werden. Des Weiteren kann durch diese Umlenkung die Ankerkette durch einen nach unten offenen Kettenschacht entlang der Unterseite der Lade geführt werden.

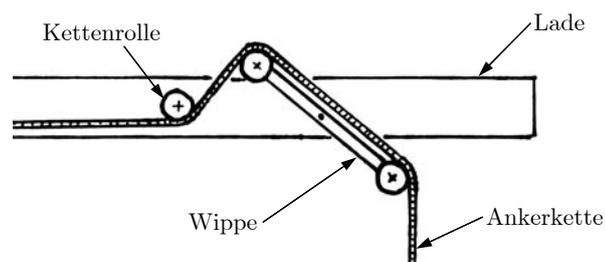


Abb. 4.15: Kettenverlauf über die Kettenrolle in der Lade

Unter der im Kettenkasten befestigten Ankerwinde wird die Kette gestaut. Dazu ist die Winde, wie in Abb. 4.16 eingezeichnet, unter dem Tunnel und in einem Abstand vor der Schottwand positioniert, sodass die Kette beim Lichten des Ankers in den Kettenkasten fallen kann. Im einfachsten Fall verläuft dann die Kette, wie in Abb. 4.16 dargestellt, direkt von der zuvor genannten Kettenrolle über das Taschenrad der Winde in den Kettenkasten.

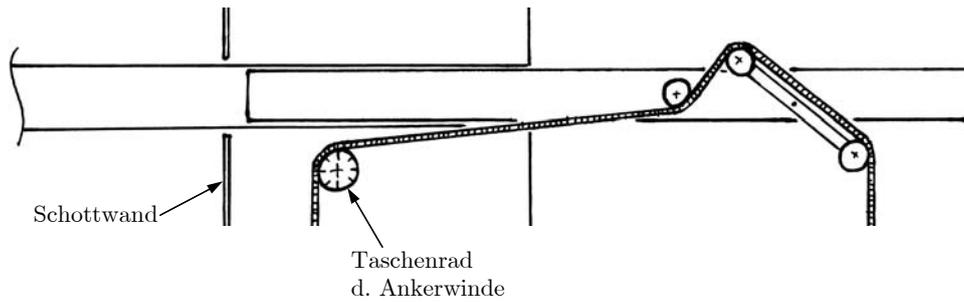


Abb. 4.16: Kettenverlauf direkt über das Taschenrad der Ankerwinde

Bei geringeren Platzverhältnissen im Bug, durch kleineren Abstand zwischen Schott- und Bordwand, kann es beim Einfahren der Lade zum Abheben der Ankerkette von der Kettenrolle und vom Taschenrad der Winde kommen, wie in Abb. 4.17 schematisch gezeigt.

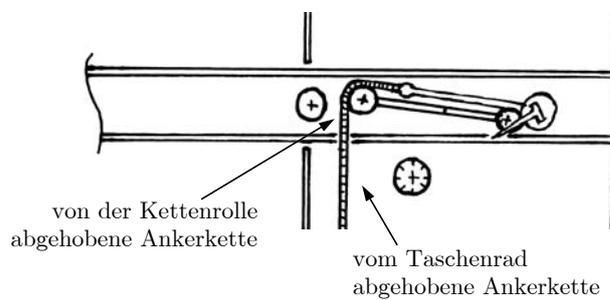


Abb. 4.17: Kettenverlauf mit vom Taschenrad abgehobener Kette bei eingefahrener Lade

Zur Gewährleistung einer kontrollierten Kettenführung, ohne Abheben der Ankerkette vom Ketten- oder Taschenrad, empfiehlt sich die Anbringung einer zusätzlichen Kettenrolle zur 180°-Umlenkung der Ankerkette im Tunnel, wie in Abb. 4.18 gezeigt. Dadurch kann auch ein gewisser erforderlicher Umschlingungswinkel der Kette um das Taschenrad der Winde von ungefähr 90° eingehalten werden.

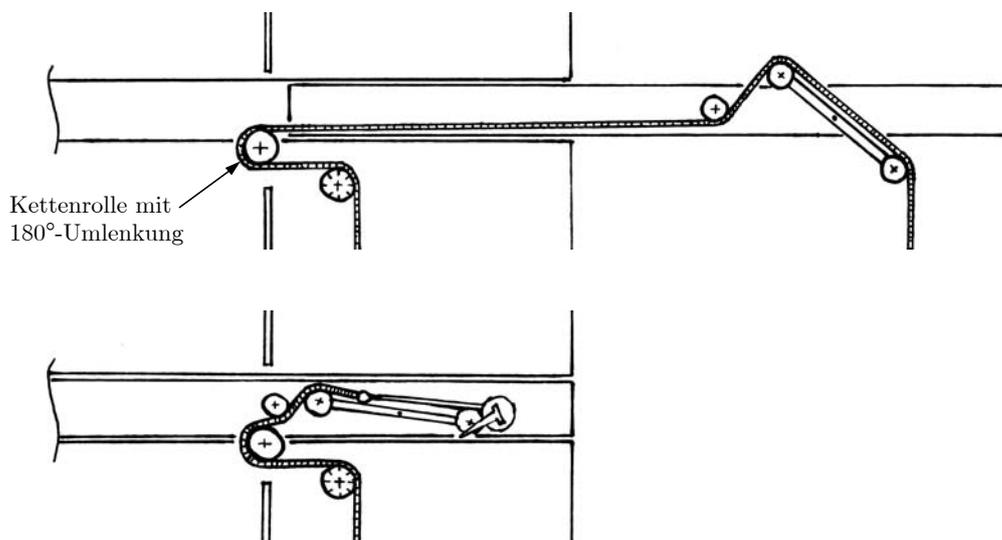


Abb. 4.18: Kettenverlauf mit 180°-Umlenkung durch zusätzliche Kettenrolle im Tunnel

Die Lagerungen der Kettenrollen sind als in die Rollen eingepresste, seewasserbeständige Gleitlagerbuchsen konzipiert.

#### 4.2.8 Weitere Überlegungen

Zur optischen Gestaltung soll die Oberseite der Lade durch eine flächige Abdeckung eingekleidet werden. Diese Abdeckung soll die Lade zudem begehbar machen.

Generell sollte bei der konstruktiven Gestaltung des Ankersystems das durch Seegang und Regen bedingte Eindringen von Wasser berücksichtigt werden. Ansammlungen und ungünstiges Leiten von in die Ankerlade eingedrungenem Wasser sollte vermieden werden. Zur Abführung des in den Kettenkasten eingedrungenen Wassers ist ein übliches Entwässerungssystem mit Lenzöffnungen zur Abführung des Wassers in die Bilge oder durch eine im Kettenkasten befindliche Pumpe vorzusehen (s.Kap. 2.4.4.5).

Des Weiteren sollten im Rahmen der Konstruktion bereits gewisse Überlegungen für einen eventuellen Notbetrieb des Ankersystems bei Ausfällen betriebsrelevanter Systeme, wie beispielsweise hydraulischer oder elektrischer Komponenten, angedacht werden:

Hydraulikzylinder könnten durch die Verwendung geeigneter Schaltungen beziehungsweise durch Ventile zum Umschalten auf Handbetrieb im Notfall manuell betätigt werden.

Das Verfahren der Lade kann im Notfall durch Handbetrieb der Spindeltriebe erfolgen, wofür eine Zugangsmöglichkeit zu den Spindelmotoren im hinteren Teil des Tunnels der Ankerlade seitens der Yachtkonstruktion einzuplanen ist. Dies könnte über eine Notzugangsmöglichkeit durch das Hauptdeck oder durch die Verkleidung der Ankerlade in der Kabine geschehen.

Zum Notbetrieb der Ankerwinde empfiehlt sich die Verwendung üblicher manueller Betriebsmöglichkeiten für Ankerwinden, wie beispielsweise mittels über den Spillkopf der Ankerwinde geschlungenem Seil.

### 4.3 Zusammenfassung des Basiskonzepts der Ankerlade

Die für die Ausarbeitung des Ankersystems ausgewählten Konzepte, die im Laufe der Konzeptentwicklung erarbeitet und analysiert wurden, werden im Folgenden kurz zusammengefasst. Das dabei entstehende Gesamtkonzept trägt, wie bereits erwähnt, den Projekttitel „**Ankerlade**“. Es bildet die Grundlage für die im nächsten Kapitel (Kap. 5) gezeigte Konstruktion des Ankersystems.

### 4.3.1 Systemkonzepte

Um den benötigten Abstand zur Bordwand zu erreichen, verfährt ein Arm nach dem Funktionsprinzip einer Schublade linear aus dem Bug der Yacht. Dieser Arm wird als Lade bezeichnet.

In einer Wippe im vorderen Teil der Lade wird der Anker gehalten. Diese dient zum Neigen des gehobenen Ankers in eine flache Lage, um die erforderliche Öffnung in der Bordwand verhältnismäßig klein ausführen zu können. Um beim Einfahren der Lade in den Rumpf den Anker in der Wippe in der geneigten, flachen Lage zu halten, ist ein Wippensperrmechanismus erforderlich.

Das Gegenstück zur Lade bildet der Tunnel, der über eine Anschlusskonstruktion, die als Träger bezeichnet wird, im Rumpf der Yacht montiert ist. Im Tunnel sind zur linearen Führung der Lade Gleitbahnen aus Kunststoff angebracht.

Als Antriebssystem zum Verfahren der Lade werden zwei symmetrisch angebrachte Spindeltriebe an der Rückwand des Tunnels befestigt. Um die Lade in der aus- und eingefahrenen Endposition zu sperren, sind vier Sperrbolzen in den Seitenwänden des Tunnels angebracht.

### 4.3.2 Konstruktionskonzepte

Wie beschrieben ist der Aufbau der Ankerlade in drei Hauptbaugruppen unterteilt: der Lade, dem Tunnel und dem Träger. Einzelne Komponenten sind dabei als Schweißkonstruktionen in Blech- und Rippenbauweise ausgeführt.

Bleche bei denen ein großer Teil der Blechfläche keine tragende Funktion erfüllt, sind in Anlehnung an Tailored Blanks als zusammengesetzte Blechplatten konzipiert. Dazu werden einzelne Blechzuschnitte unterschiedlicher Blechdicken in einer Ebene zusammengesetzt und zu einem größeren Blech verschweißt. Ein so hergestelltes Blech kann in Bereichen, die eine größere Blechdicke erfordern, wie beispielsweise an Verbindungsstellen, entsprechend dick und in Bereichen die eine rein abdeckende oder abdichtende Funktion erfüllen, wesentlich dünner ausgeführt werden. Die Vorteile dieses Konstruktionskonzepts sind die Reduktion des erforderlichen Materials und das geringere Eigengewicht der Konstruktion. Demgegenüber steht der erhöhte Aufwand zur Fertigung der Bleche.

Der konstruierte Aufbau und die konkrete Gestaltung einzelner Komponenten der Ankerlade sind im nachfolgenden Kap. 5 im Detail ersichtlich.

# 5 Konstruktion

Bei der Konstruktion der Ankerlade wurden die in Kap. 4 konzipierten Ansätze des Basiskonzepts eingearbeitet. Im Folgenden wird die konstruktive Umsetzung des entwickelten Ankersystems der Ankerlade anhand von Abbildungen gezeigt.

Neben üblichen Normalprojektionen in Vorder-, Seiten- und Grundansicht ist die Konstruktion vor allem in dreidimensionalen Projektionen dargestellt. Diese isometrischen, dreidimensionalen Ansichten zeigen die Konstruktion meist aus einer Perspektive von vorne-oben, wie beispielsweise in Abb. 5.3 (li.) oder Abb. 5.5 (li.). Zur besseren Darstellung sind häufig auch Schnittansichten in dreidimensionaler Ansicht gezeigt. Strichlierte Rahmen weisen auf Detailansichten relevanter Bereiche hin. Bemaßungen einzelner Komponenten sind im Rahmen der Konstruktionserklärung nicht eingezeichnet, können aber aus den angegebenen Hauptmaßen abgeschätzt werden.

## 5.1 Ankerlade im Bug

In den folgenden Abbildungen ist die in den Bug eingebaute Ankerlade dargestellt.

Abb. 5.1 und Abb. 5.2 zeigen die Lade in eingefahrener, Abb. 5.3 und Abb. 5.4 in ausgefahrener Position. Der Aufbau und die Lage der Ankerlade im Bug sind bei transparenter Darstellung des Buges erkennbar.

Bei eingefahrener Lade sind die geschlossene Bordwand und die dadurch erreichte ankerlose Gestaltung des Buges sehr gut ersichtlich. Die Umrandung der verschlossenen Bordwandöffnung ist dabei schemenhaft gezeigt.

Zum Fallenlassen des Ankers wird die Lade, wie dargestellt, linear ausgefahren und der Anker über die Wippe ins Wasser abgesenkt. Am vorderen Teil der Lade ist der Bordwanddeckel zum Verschließen der Bordwandöffnung angebracht, der sich beim Ausfahren der Lade mitbewegt.

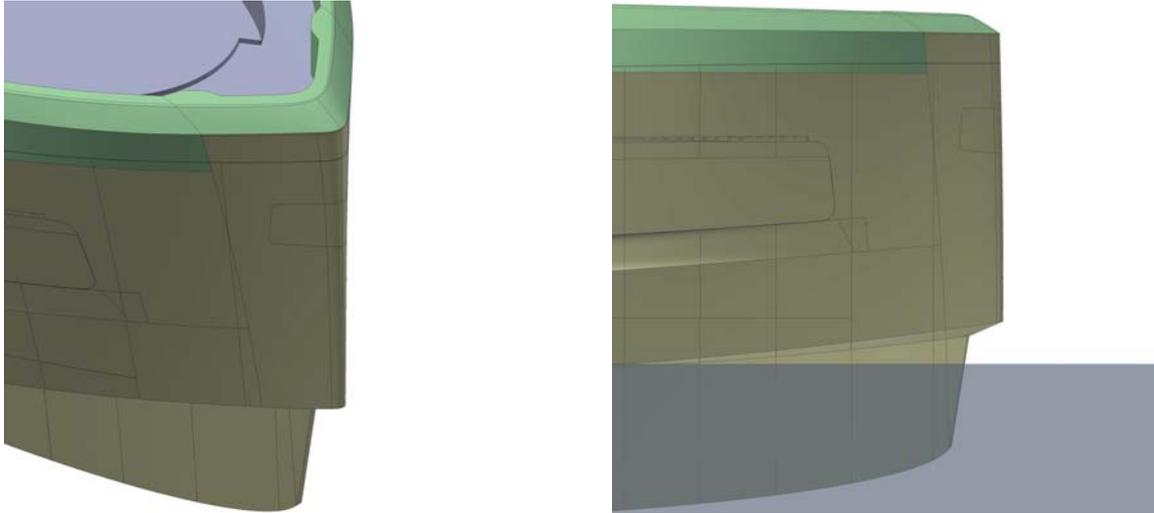


Abb. 5.1: Im Bug eingebaute Ankerlade mit eingefahrener Lade

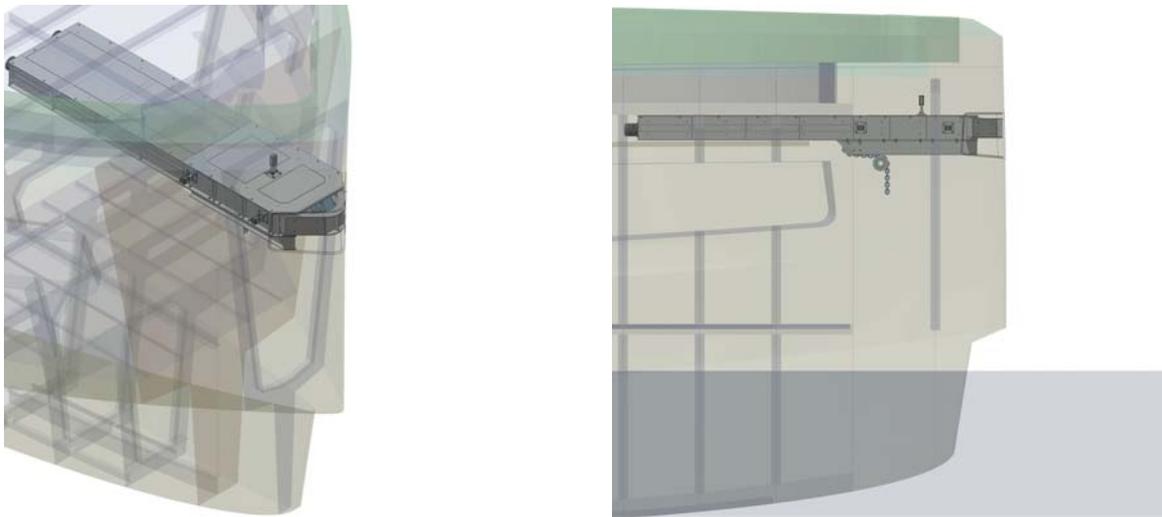


Abb. 5.2: Im Bug eingebaute Ankerlade mit eingefahrener Lade, transparente Darstellung

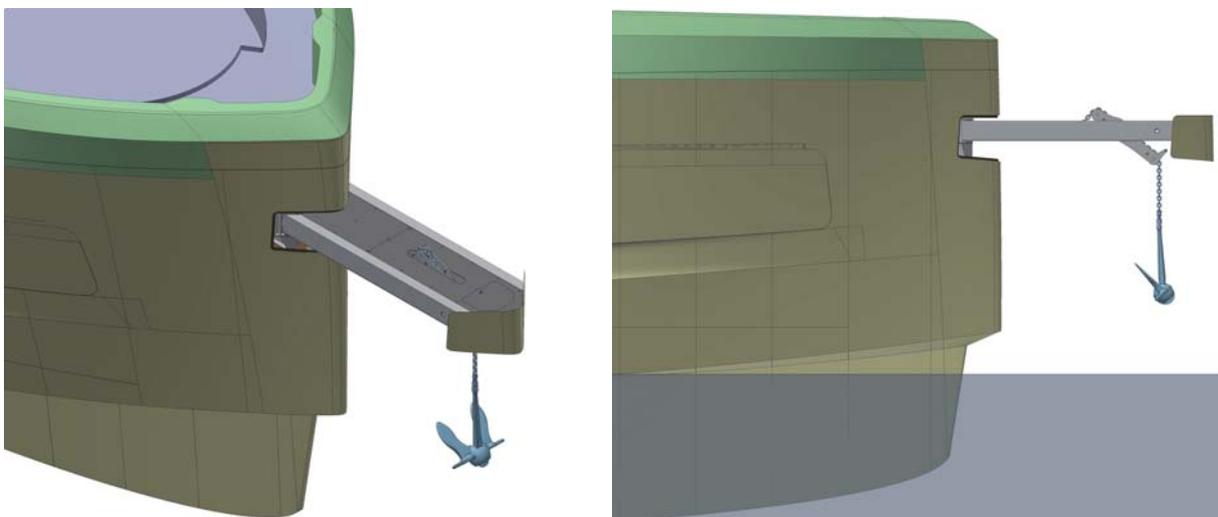


Abb. 5.3: Im Bug eingebaute Ankerlade mit ausgefahrener Lade

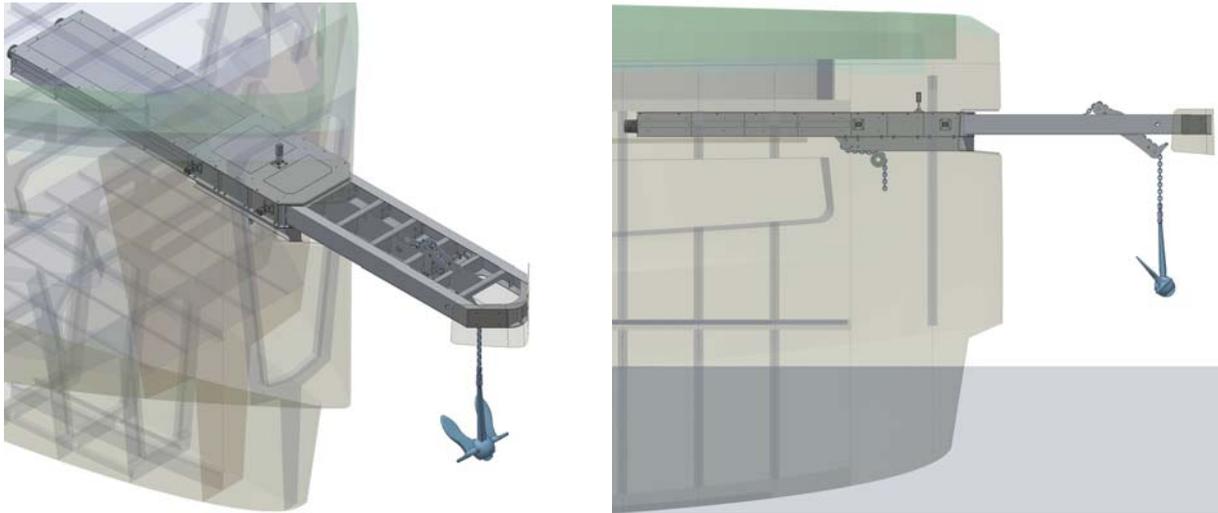


Abb. 5.4: Im Bug eingebaute Ankerlade mit ausgefahrener Lade, transparente Darstellung

## 5.2 Hauptbaugruppen

Die Ankerlade besteht aus drei Hauptbaugruppen: dem **Träger**, dem **Tunnel** und der **Lade**.

In den Abb. 5.5 und Abb. 5.6 ist die Ankerlade, bestehend aus diesen drei Hauptkomponenten, dargestellt. Dabei ist die Lade in ausgefahrener (li.) und eingefahrener (r.) Position gezeigt.

Die Ansicht der Ankerlade mit ausgefahrener Lade, wie in Abb. 5.5 (li.), dient in den nachfolgenden Kapiteln als Grundlage zur Darstellung des Baugruppenaufbaus der Ankerlade beziehungsweise der anschaulichen Positionsbeschreibung einzelner Systemkomponenten.

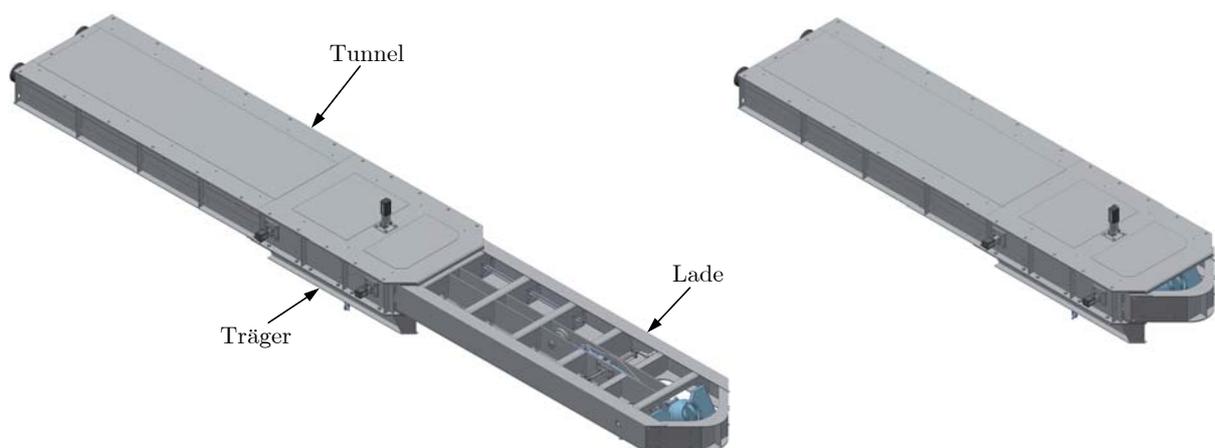


Abb. 5.5: Ankerlade mit aus- (li.) und eingefahrener (r.) Lade (Ansicht von vorne)

Das Gesamtgewicht der Ankerlade, bestehend aus den drei Hauptkomponenten, wie in Abb. 5.5 gezeigt, beträgt rund 890 kg exklusive Anker und Ankerzubehör (Kette und Wirbelschäkel).

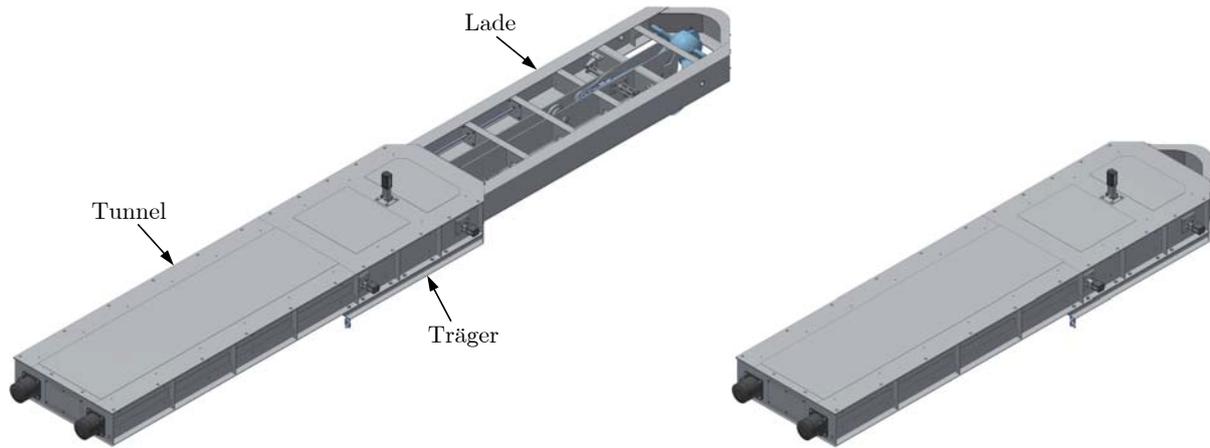


Abb. 5.6: Ankerlade mit aus- (li.) und eingefahrener (r.) Lade (Ansicht von hinten)

Vorder-, Seiten- und Grundansicht der Ankerlade sind in Abb. 5.7 bei ausgefahrener Lade und in Abb. 5.8 bei eingefahrener Lade gezeigt. Der im vorderen Bereich der Lade gehaltene Anker ist bei ausgefahrener Lade gut erkennbar.

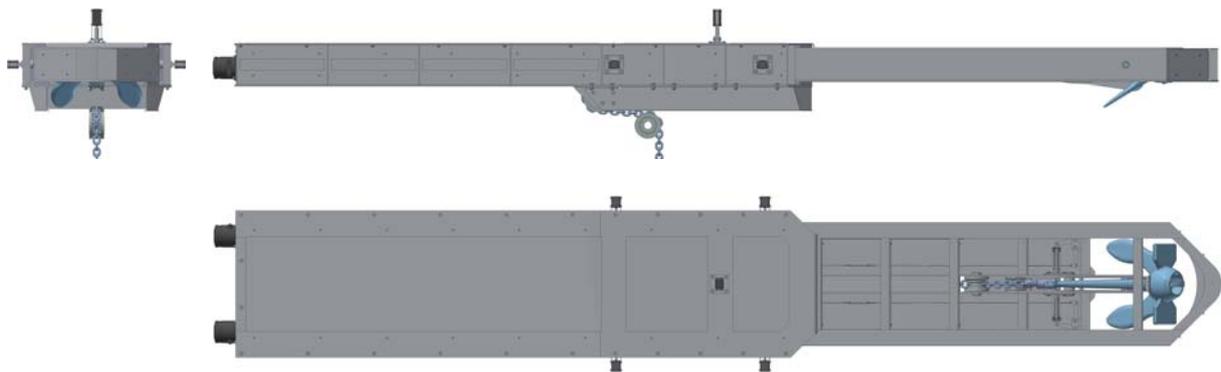


Abb. 5.7: Ankerlade mit ausgefahrener Lade (Vorder-, Seiten- und Grundansicht)

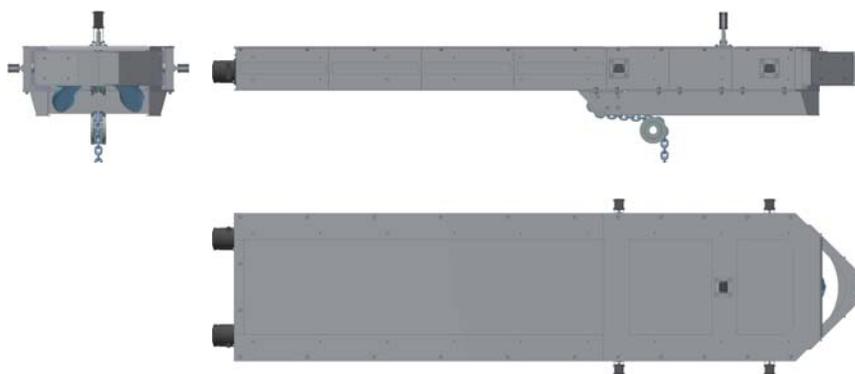


Abb. 5.8: Ankerlade mit eingefahrener Lade (Vorder-, Seiten- und Grundansicht)

Wie dargestellt, wird die Lade zum Ein- und Ausfahren horizontal linear im Tunnel bewegt. Der Weg den die Lade dabei verschoben wird beträgt 2200 mm.

## 5.2.1 Träger

Die Position des Trägers in der Ankerlade ist in Abb. 5.9 gezeigt.

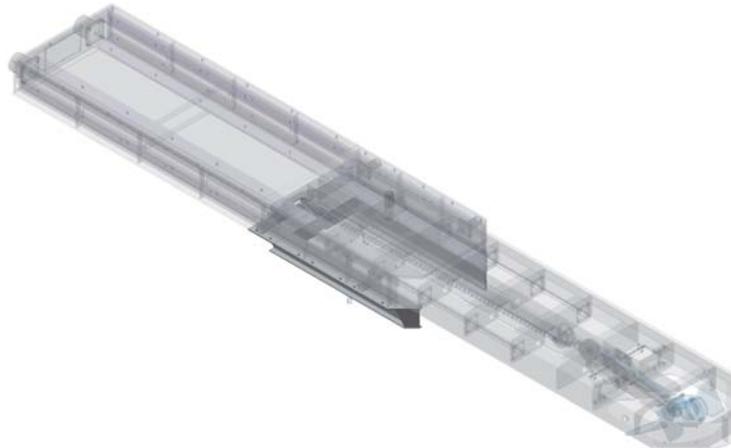


Abb. 5.9: Position des Trägers in der Ankerlade

Der Träger wird im Rumpf der Yacht angebracht und bildet das Anschlusselement zur Befestigung der Ankerlade im Bug. Im hinteren Teil des Trägers befindet sich, wie in Abb. 5.10 dargestellt, eine Kettenrolle zur 180°-Umlenkung der Ankerkette im Tunnel.

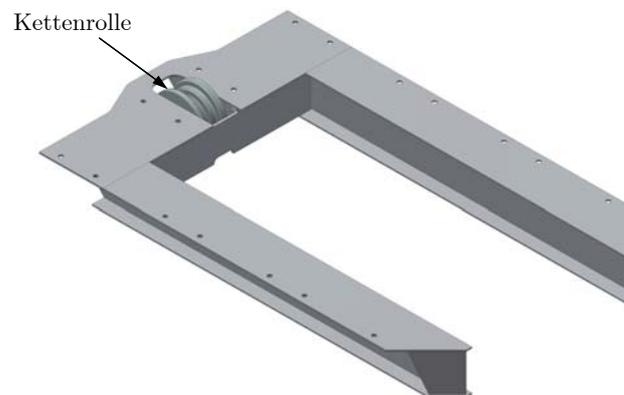


Abb. 5.10: Hauptbaugruppe Träger

Neben der Kettenrolle besteht der Träger aus drei einzelnen Schweißbaugruppen: zwei seitlichen Trägerprofilen und einer Kettenrollenkonsolle. In Abb. 5.11 ist die Kettenrollenkonsolle (li.) mit darin gelagerter Kettenrolle und die beiden seitlichen Trägerprofile (r.) gezeigt. Beim Zusammenbau wird die Kettenrollenkonsolle zwischen den beiden Trägerprofilen verschraubt.

Zur Montage des Trägers im Rumpf der Yacht sind vier Anschlussstellen vorgesehen, je eine am vorderen und hinteren Ende beider seitlicher Trägerprofile. Für den Einbau in eine konkrete Yacht könnte die Konstruktion des Trägers noch speziell an die Gegebenheiten der Anschlussstellen im Rumpf angepasst werden.

Das Gesamtgewicht des Trägers, wie in Abb. 5.10 dargestellt, beträgt rund 65 kg.

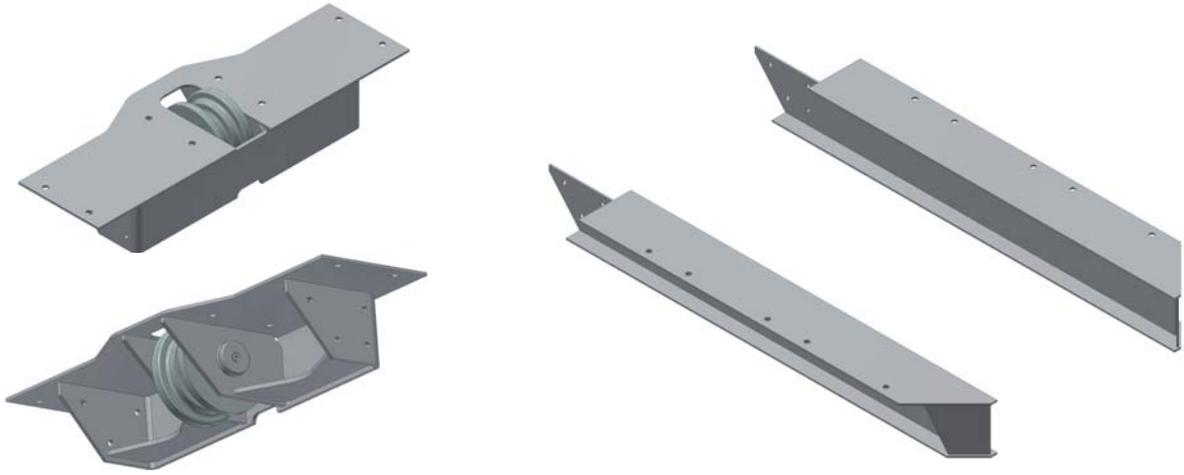


Abb. 5.11: Einzelteile des Trägers

## 5.2.2 Tunnel

Abb. 5.12 zeigt die Position des Tunnels in der Ankerlade.

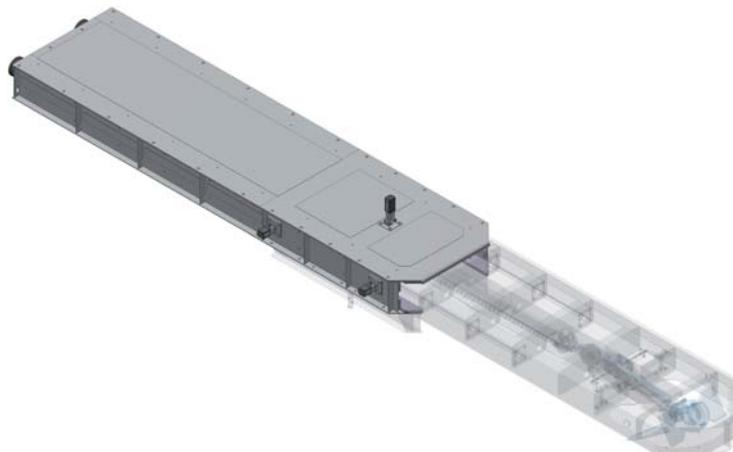


Abb. 5.12: Position des Tunnels in der Ankerlade

Zur Montage im Rumpf der Yacht wird der Tunnel auf dem Träger positioniert und mit diesem verschraubt. In Abb. 5.13 ist der Tunnel mit (r.) und ohne Tunneldeckel (l.) dargestellt.

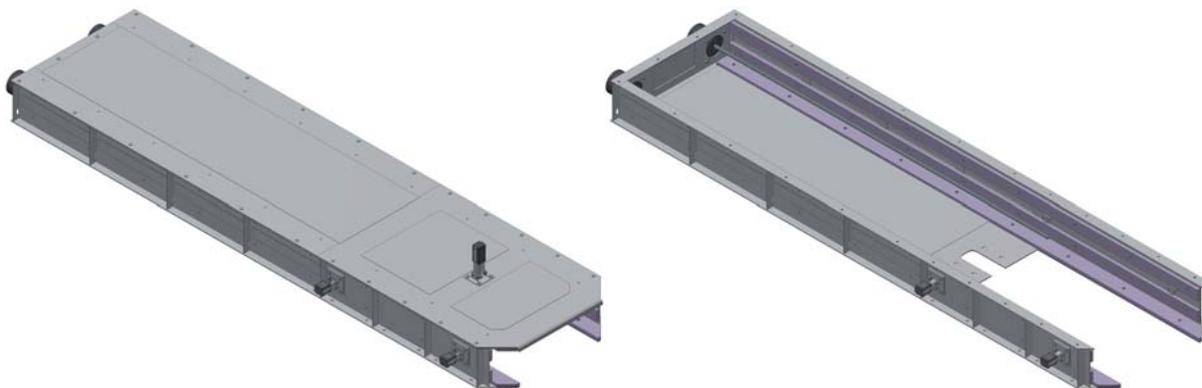


Abb. 5.13: Hauptbaugruppe Tunnel mit (li.) und ohne (r.) Tunneldeckel

Der Tunneldeckel (Abb. 5.14) und die Tunnel-Schweißbaugruppe (Abb. 5.15) bilden zusammen die tragende Grundkomponente des Tunnels. Beim Zusammenbau der Ankerlade wird der Tunneldeckel auf die Tunnel-Schweißbaugruppe, wie in Abb. 5.13 (li.) dargestellt, aufgesetzt und verschraubt.

Zur Anbringung von Systemkomponenten (s.Kap. 5.3) sind geeignete Anschlussstellen im Tunnel vorgesehen. Im Boden des Tunnels befindet sich die Anschlussstelle zur Befestigung am Träger.

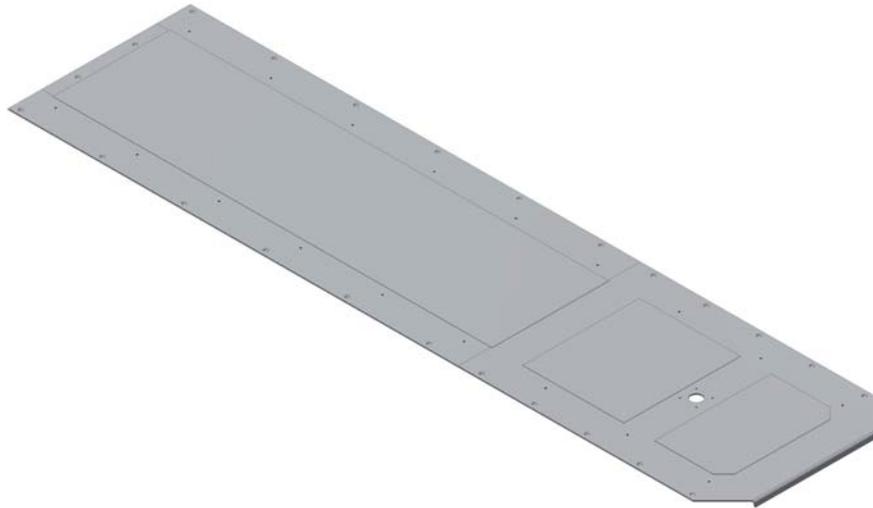


Abb. 5.14: Tunneldeckel

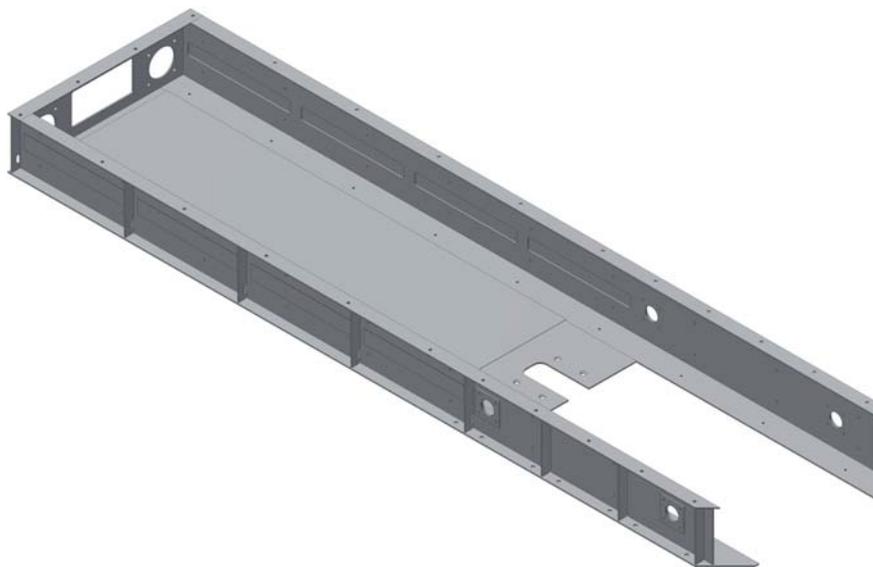


Abb. 5.15: Tunnel-Schweißbaugruppe

Die Hauptabmessungen der Tunnel-Schweißbaugruppe inklusive montiertem Tunneldeckel in Breite, Höhe und Länge betragen  $892 \times 260 \times 3515 \text{ mm}^3$ . Das Gesamtgewicht des Tunnels mit eingebauten Systemkomponenten, wie in Abb. 5.13 (li.), beträgt rund 320 kg.

### 5.2.3 Lade

Die Position der Lade in der Ankerlade ist in Abb. 5.16 dargestellt.



Abb. 5.16: Position der Lade in der Ankerlade

Im Tunnel geführt, kann die Lade zwischen ein- und ausgefahrener Position linear verschoben werden. Als aus dem Bug ausgehender Arm bildet sie das Kernelement des entwickelten Ankersystems. Der Aufbau der Lade ist in Abb. 5.17 in verschiedenen Ansichten dargestellt.

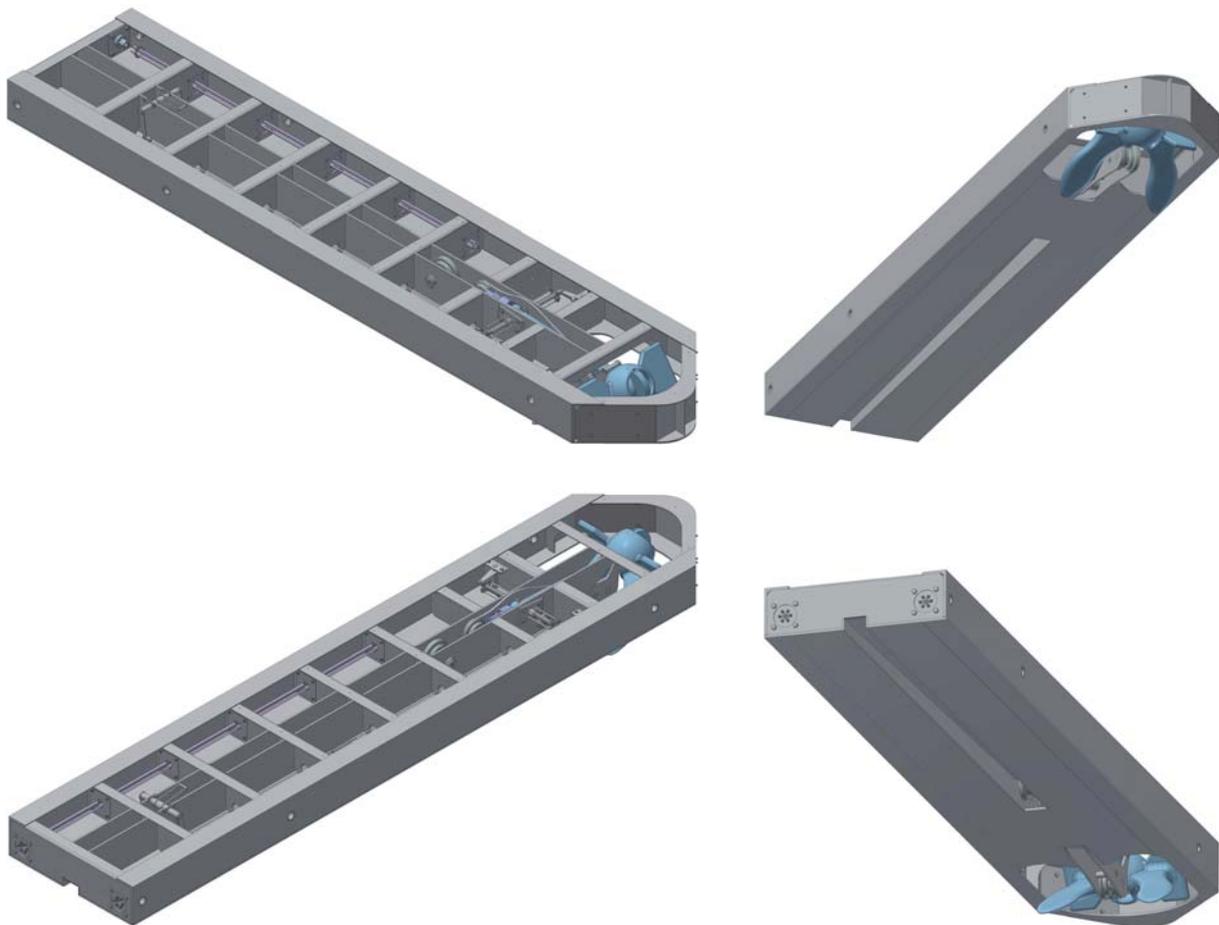


Abb. 5.17: Hauptbaugruppe Lade in verschiedenen Ansichten

Das tragende Grundgerüst der Lade ist die Laden-Schweißbaugruppe, die in den folgenden Abb. 5.18 und Abb. 5.19 in zwei Ansichten dargestellt ist. Diese besteht im Wesentlichen aus der Grundplatte, aus zwei längs der Lade verlaufenden Blechen, die als Schwerter bezeichnet werden, aus zwei seitlichen L-Profilen, die zur Führung der Lade im Tunnel dienen und aus aussteifenden Querblechen.

Ähnlich wie bei der Tunnel-Schweißbaugruppe sind auch bei der Laden-Schweißbaugruppe Anschlussstellen zur Befestigung von Systemkomponenten (s.Kap. 5.3) vorgesehen.

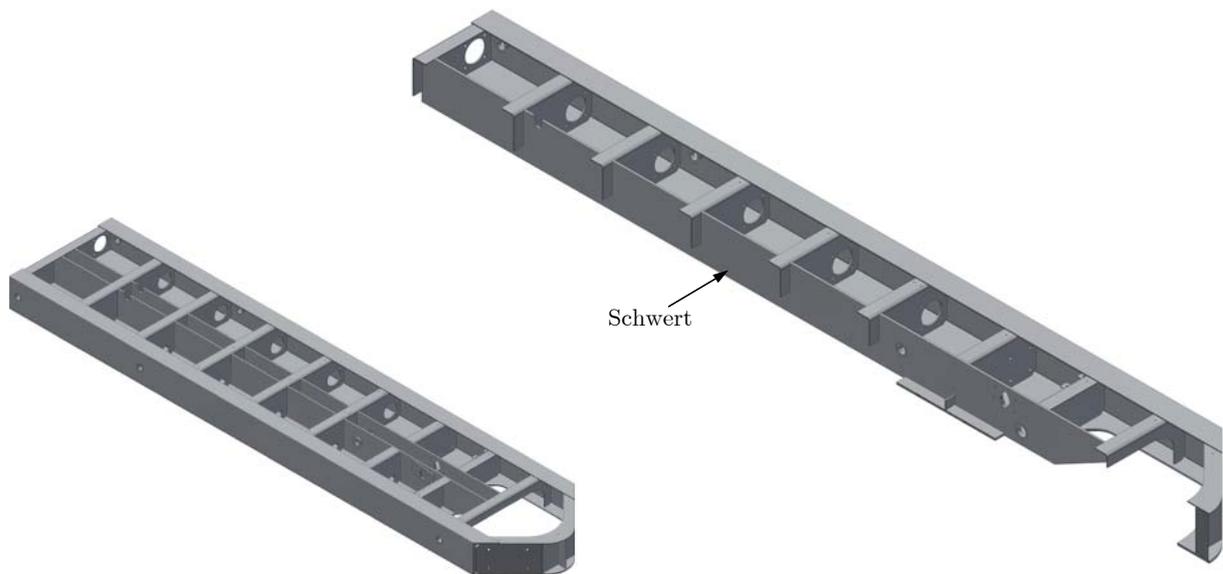


Abb. 5.18: Laden-Schweißbaugruppe (Voll- und Schnittansicht von vorne)

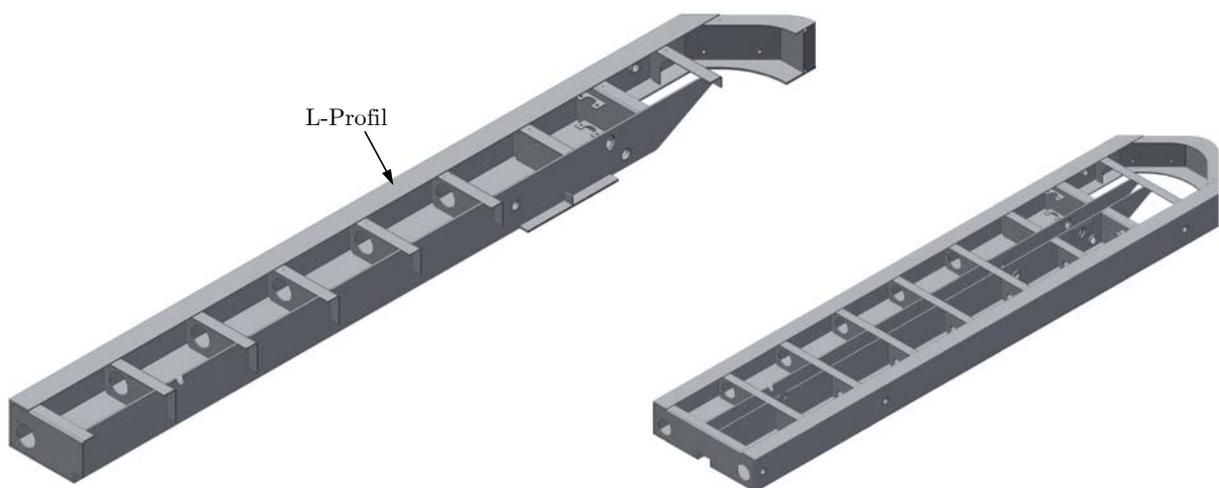


Abb. 5.19: Laden-Schweißbaugruppe (Voll- und Schnittansicht von hinten)

Die Hauptabmessungen der Laden-Schweißbaugruppe in Breite, Höhe und Länge betragen  $750 \times 209 \times 3720 \text{ mm}^3$ . Das Gesamtgewicht der Lade mit eingebauten Systemkomponenten, wie in Abb. 5.17, beträgt rund 505 kg exklusive Anker und Ankerzubehör.

## 5.3 Systemkomponenten

Zum Betrieb der Ankerlade sind gewisse Systeme erforderlich, die in der Konzeptentwicklung (Kap. 4.2) erarbeitet wurden.

Die Umsetzung dieser Konzepte zur Konstruktion der Ankerlade und die Funktionsweise einzelner Komponenten sind in den folgenden Kapiteln anhand von Abbildungen der Systemkomponenten gezeigt und beschrieben.

### 5.3.1 Linearführung der Lade im Tunnel

Wie im Kap. 4.2.3 konzipiert, werden als System zur linearen Führung der Lade im Tunnel Gleitbahnen verwendet. Die Anordnung dieser Gleitbahnen ist in Abb. 5.20 dargestellt.

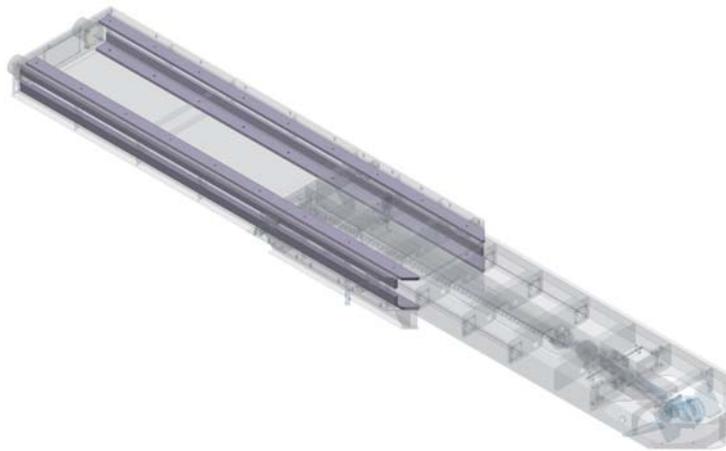


Abb. 5.20: Position der Gleitbahnen der Linearführung in der Ankerlade

Dazu werden entlang der vier Kanten der Lade je zwei Gleitbahnen positioniert, was eine Gesamtzahl von acht Gleitbahnen ergibt. Die einzelnen Gleitbahnen, wie in Abb. 5.21 dargestellt, sind als Flachprofile ausgeführt und seitlich im Tunnel verschraubt.



Abb. 5.21: Eine der acht Gleitbahnen

Die Gegenflächen zu den Gleitbahnen im Tunnel bilden die Gleitflächen entlang der vier Außenkanten der Lade, wie in Abb. 5.22 (r.) in Perspektive von oben (o.) und unten (u.) gezeigt.

Diese Ansichten zeigen auch den Tunnel mit den darin befestigten Gleitbahnen (li.) aus denselben Blickrichtungen. Die gezeigten Perspektiven sind dabei so gewählt, dass die Rückwand des Tunnels und die gesamte Länge der eingebauten Gleitbahnen erkennbar werden.

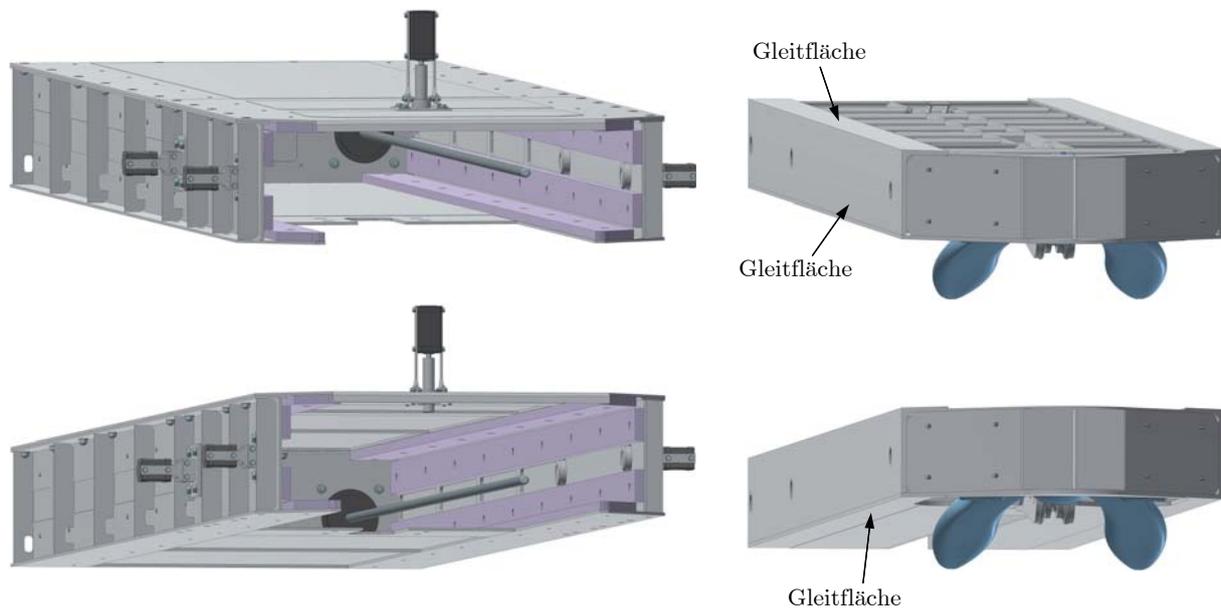


Abb. 5.22: Linearführungssystem; Gleitbahnen im Tunnel und Gleitflächen der Lade (Ansichten von vorne)

Abb. 5.23 zeigt die Schnittansicht durch die Gleitbahnen im hinteren Bereich der Ankerlade bei eingefahrener Lade. Im Detail der Schnittansicht (r.) sind die Verschraubungen der Gleitbahnen mit dem Tunnel und die innen an den Gleitbahnen anliegende Kontur der Lade erkennbar.

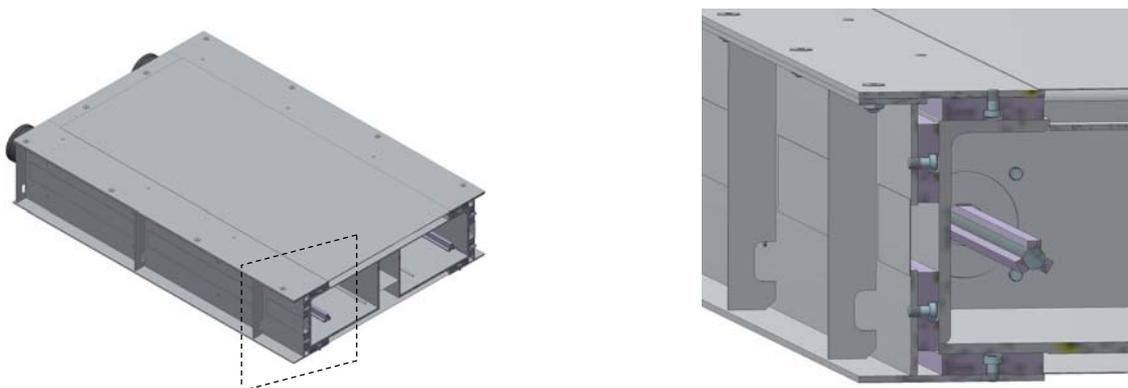


Abb. 5.23: Linearführungssystem der Ankerlade im Schnitt

Die Lichte zwischen den Gleitbahnen im Tunnel und damit das Außenmaß der Gleitflächen der Lade beträgt in der Breite 750 mm und in der Höhe 208 mm. Die Gleitbahnen sind ungefähr 3460 mm lange Flachprofile mit einem Profilquerschnitt von horizontal  $90 \times 20 \text{ mm}^2$  und vertikal  $70 \times 20 \text{ mm}^2$ .

### 5.3.2 Antrieb zum Ein- und Ausfahren der Lade

In Abb. 5.24 sind die beiden parallel in der Ankerlade liegenden Spindeltriebe, die das Antriebssystem zum Verfahren der Lade bilden, bei ausgefahrener (li.) und bei eingefahrener (r.) Lade dargestellt.



Abb. 5.24: Position der beiden Spindeltriebe in der Ankerlade bei aus- (li.) und eingefahrener (r.) Lade

Das in Kap. 4.2.4 konzipierte Antriebssystem mit symmetrisch angeordneten Spindeltrieben besteht dabei aus je zwei der in Abb. 5.25 dargestellten Komponenten: der Spindel mit dem Motor, der Spindelmutter und der Spindelführung.

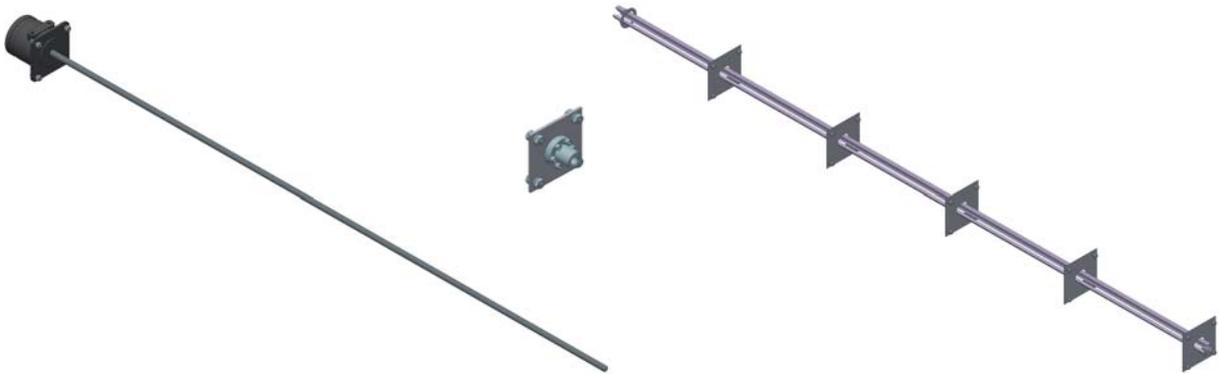


Abb. 5.25: Komponenten eines Spindeltriebs: Spindel mit Motor, Spindelmutter, Spindelführung (v.l.n.r.)

Die folgenden Abbildungen zeigen in geschnittener Darstellung der Ankerlade die Komponenten des Antriebssystems bei ausgefahrener (Abb. 5.26) und bei eingefahrener (Abb. 5.27) Lade.

Wie dargestellt sind die beiden Motoren mit den Spindeln an der Rückwand des Tunnels und die beiden Spindelmuttern an der Rückwand der Lade befestigt. Beim Antrieb durch Drehen der Spindeln werden die Spindelmuttern entlang der Spindelachse bewegt und die Lade dadurch linear im Tunnel verschoben. Die in der Lade befindlichen Spindelführungen dienen zur linearen Führung der rotierenden Spindeln beim Ein- und Ausfahren der Lade.

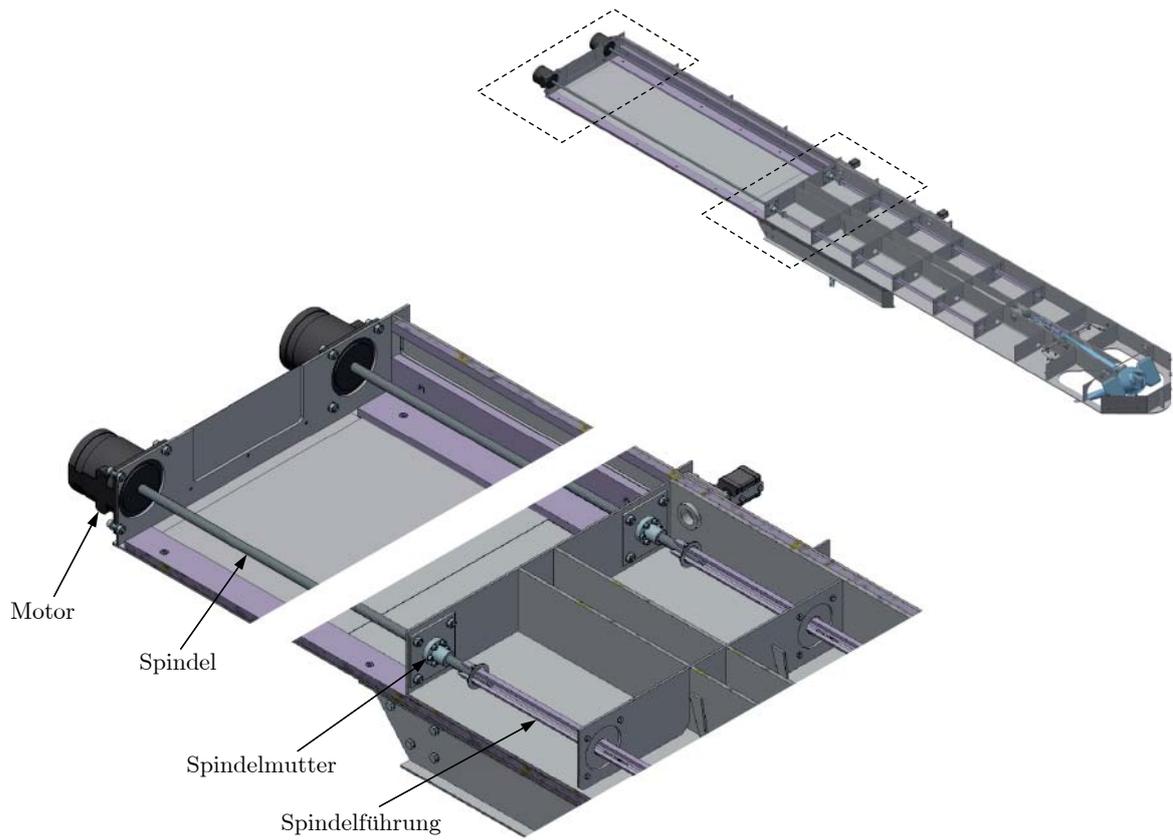


Abb. 5.26: Spindeltriebe als Antriebssystem bei ausgefahrener Lade in Schnittansicht der Ankerlade

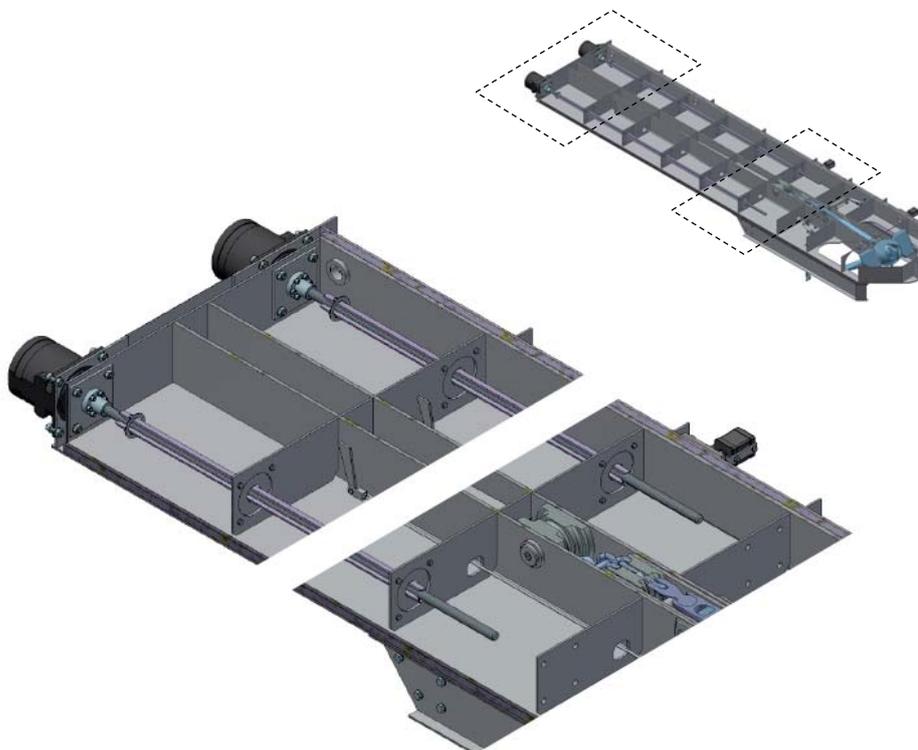


Abb. 5.27: Spindeltriebe als Antriebssystem bei eingefahrener Lade in Schnittansicht der Ankerlade

Die beiden Motoren des Antriebssystems sind als Hydraulikmotoren mit Stirnflansch ausgeführt. Bei den Komponenten des Spindeltriebs handelt es sich um 2380 mm lange *Igus*<sup>®</sup> Rechtsgewindespindeln mit *dryspin*<sup>®</sup> DST Steilgewinde (DS20) und dazu passende Spindelmuttern. [25]

Die Anschlussmöglichkeiten zur Befestigung der Komponenten des Antriebssystems im Tunnel und in der Lade sind so ausgeführt, dass optional auch zwei Hydraulikzylinder anstelle der beiden Spindeltriebe verbaut werden können. Dazu können Gabelköpfe zur Montage von Hydraulikzylindern anstatt der Motoren an der Rückwand des Tunnels und an einem vorderen Querblech der Lade befestigt werden. Die Spindelmuttern und die Spindelführungen werden dann durch Führungssysteme ersetzt, um die Hydraulikzylinder gegen Durchhang durch ihr Eigengewicht abzustützen.

### 5.3.3 Ladensperrsystem

Wie in Kap. 4.2.5 erläutert, sind zum Sperren der ein- und ausgefahrenen Lade vier bewegliche Sperrbolzen seitlich an der Tunnelwand angebracht. In Abb. 5.28 ist die Position dieser vier Sperrbolzen in der Ankerlade dargestellt.



Abb. 5.28: Position der vier Sperrbolzen des Ladensperrsystems in der Ankerlade

Das Sperren der Lade entspricht dem Blockieren der linearen Bewegungsmöglichkeit der Lade im Tunnel.

Um die Lade zu sperren beziehungsweise wieder zu entsperren, werden die Sperrbolzen mittels Hydraulikzylinder in Konsolen verschoben, welche mit den Seitenwänden des Tunnels verschraubt sind. In Abb. 5.29 sind der Aufbau der Sperrbolzenkonsole und das Verschieben des darin geführten Sperrbolzens aus zwei Perspektiven gezeigt.

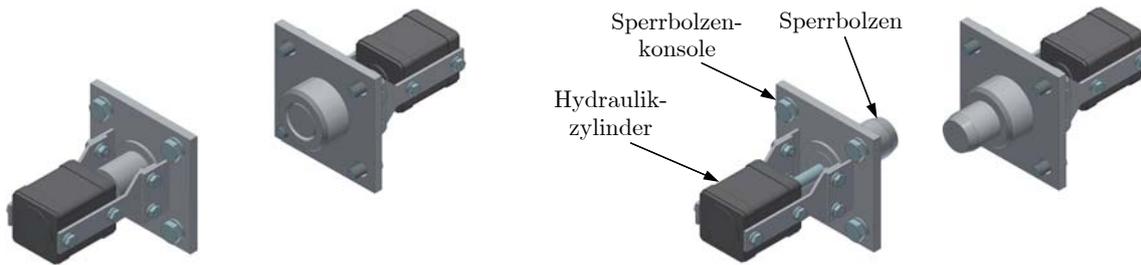


Abb. 5.29: Verschiebung der Sperrbolzen in der Sperrbolzenkonsole

In Abb. 5.30 ist als Gegenstück zur Lade (r.) der Tunnel (li.) ohne Tunneldeckel mit den vier an den Seitenwänden angebrachten Sperrbolzenkonsolen abgebildet.

Beim Sperren der Lade werden die Sperrbolzen durch Bohrungen in die beiden Seitenwände der Lade geschoben. Die Anordnung dieser Bohrungen in den Seitenwänden der Lade ist in Abb. 5.30 (r.) gezeigt. Dabei ist erkennbar, dass sich je Seitenwand im hinteren Bereich der Lade zwei Bohrungen und im vorderen Bereich nur eine Bohrung befindet. Diese Ausführung berücksichtigt Fertigungs- und Montagetoleranzen hinsichtlich einer möglichen Abweichung des Achsabstands der Sperrbolzen. Die ausgefahrene Lade wird durch alle vier Sperrbolzen (zwei je Seitenwand) und die eingefahrene Lade nur durch die beiden vorderen Sperrbolzen (einer je Seitenwand) gesperrt. Da bei eingefahrener Lade keine Kraftübertragung über die Sperrbolzen geschieht, wie es bei ausgefahrener Lade zur Entlastung der Antriebskomponenten der Fall ist, können zum Sperren der eingefahrenen Lade im Tunnel und damit zum Halten der Lade im geschlossenen Zustand nur zwei der vier Sperrbolzen gesperrt werden.

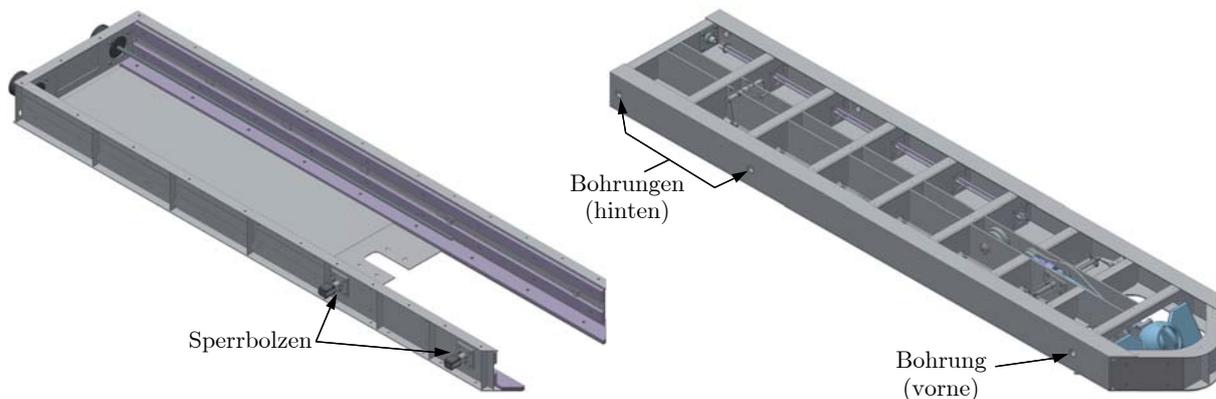


Abb. 5.30: Am Tunnel montierte Sperrbolzen und die zugehörigen Bohrungen in der Seitenwand der Lade

Die Funktionsweise des Ladensperrsystems mit dem Mechanismus verschiebbarer Sperrbolzen ist in Abb. 5.31 und Abb. 5.32 in Schnittansichten der Ankerlade ersichtlich.

Dabei ist der Zustand der entsperrten Lade mit entsperrten Sperrbolzen (Abb. 5.31 o. und Abb. 5.32 li.) und der Zustand der gesperrten Lade mit in die Bohrungen der Seitenwände der Lade verschobenen Sperrbolzen (Abb. 5.31 u. und Abb. 5.32 r.) dargestellt.

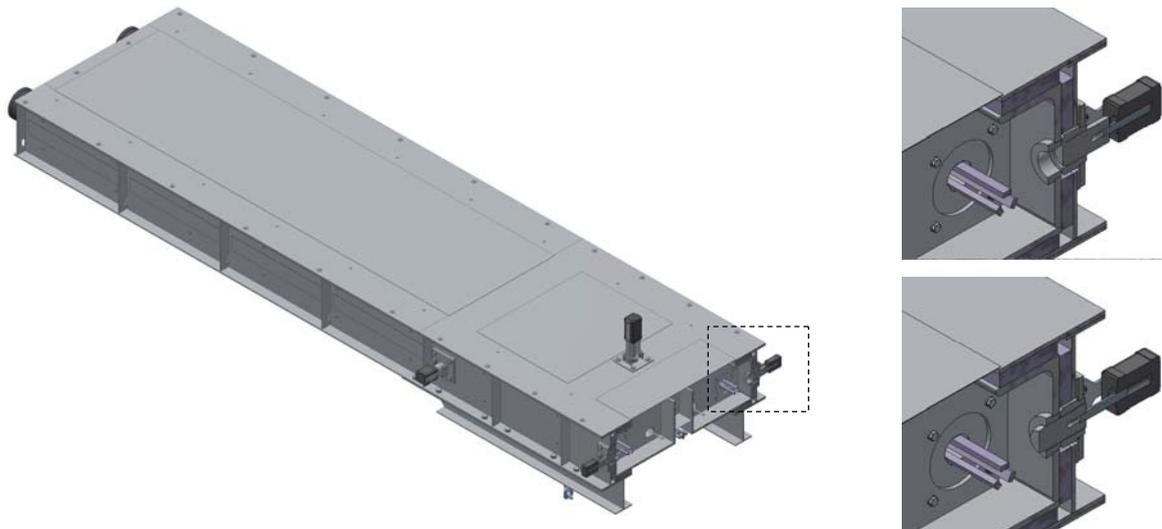


Abb. 5.31: Funktion des Ladensperrsystems; Verschieben der Sperrbolzen in Bohrungen der Ladenseitenwand

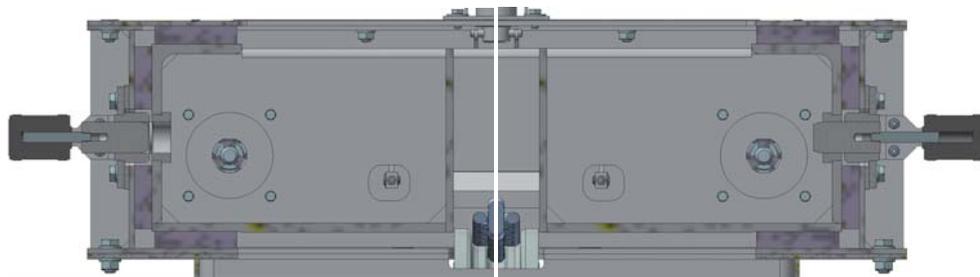


Abb. 5.32: Entsperrte (li.) und gesperrte (r.) Sperrbolzen (Vorderansicht im Schnitt nach Abb. 5.31)

Die Sperrbolzen sind mit einem Durchmesser von 34 mm dimensioniert und in einem Achsabstand von 900 mm an der Seitenwand des Tunnels montiert.

### 5.3.4 Wippe

In Abb. 5.33 ist die Position der Wippe mit darin gehaltenem Anker im vorderen Bereich der ausgefahrenen Lade dargestellt.

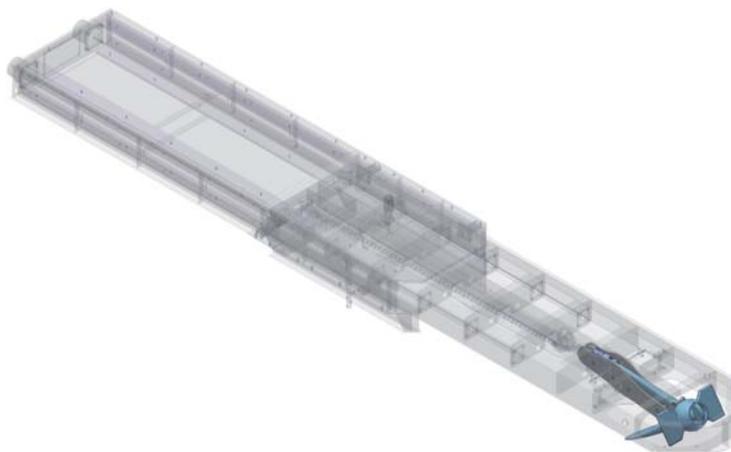


Abb. 5.33: Position der Wippe mit Anker in der Ankerlade

Zum Neigen des gehobenen Ankers in eine flache Lage wird nach dem Konzept in Kap. 4.2.6 eine Wippe im vorderen Teil der Lade angebracht. Diese ist in Aufbau und Funktion angelehnt an gängige Bugrollensysteme mit Wippen (s.Kap. 2.4.5.1).

Die in Abb. 5.34 dargestellte Wippe besteht aus zwei Kettenrollen, die über zwei seitliche Bleche miteinander verbunden werden. In der Mitte dieser Bleche, zwischen den beiden Kettenrollen, befindet sich eine Gelenkbuchse zur Lagerung der Wippe in der Lade. Damit der Anker beim Lichten mittels Einholen der Kette nicht über die Wippe hinweg gezogen wird, sorgt ein Anschlagbügel über der vorderen Kettenrolle dafür, dass der in die Wippe gehobene Anker in der dargestellten Endlage gehalten wird.

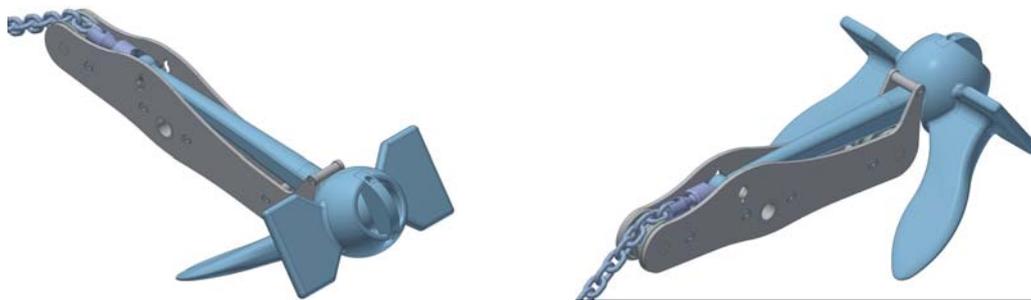


Abb. 5.34: Wippe mit Anker in gehobener Endlage

Wie in Abb. 5.35 gezeigt, wird die Wippe gelenkig zwischen den beiden Schwertern im vorderen Teil der Lade eingebaut und dadurch die Neigung der Wippe ermöglicht.

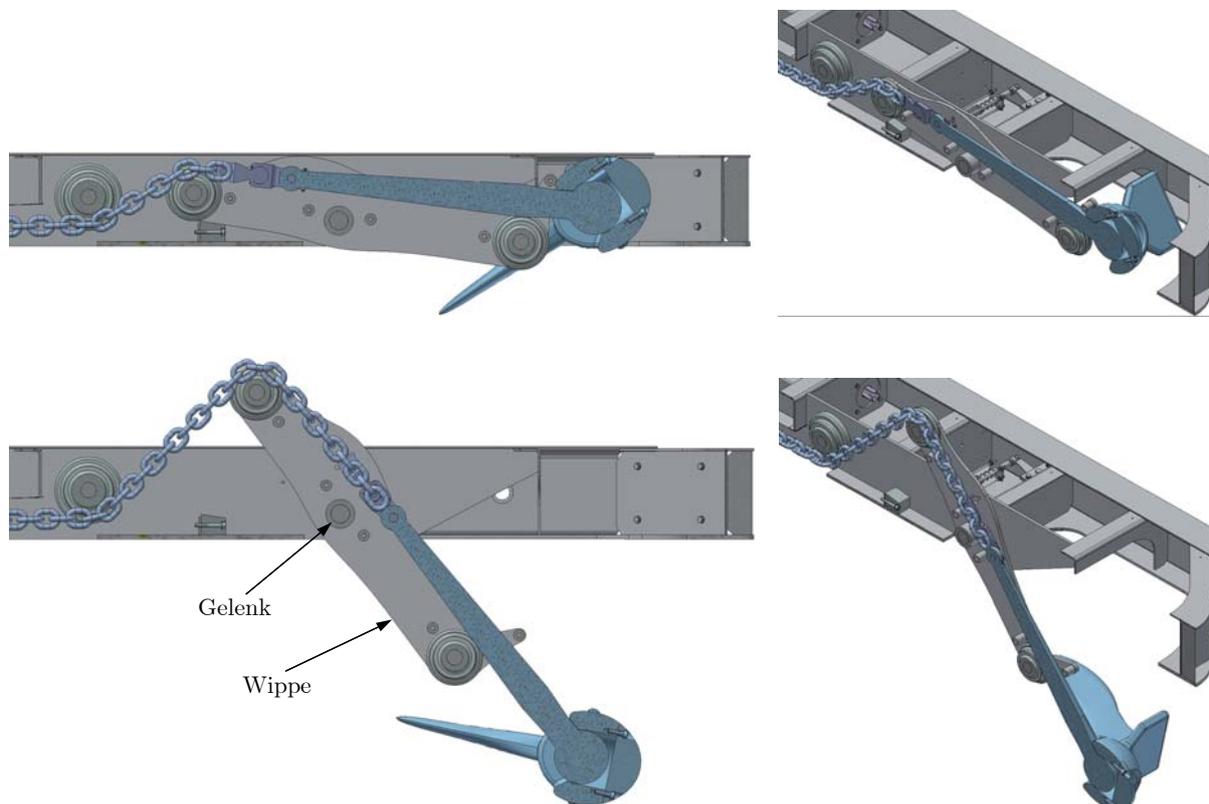


Abb. 5.35: In der Lade gelenkige Wippe und Neigung der Wippe beim Absenken des Ankers im Schnitt

Abb. 5.36 zeigt den Neigungswinkel der Wippe in Abhängigkeit der Zugrichtung der Kette bei abgesenktem Anker. Durch Anschläge begrenzt, ist dabei ein Drehen der Wippe aus der flachen Lage (li.) um einen Winkel von bis zu  $100^\circ$  (r.) möglich.

Bei Zugrichtung der Kette zwischen den beiden dargestellten Winkeln mit  $50^\circ$  von vorne (li.) und  $45^\circ$  von hinten (r.) schlägt die Wippe nicht an den Anschlägen in der Lade an.

Bei annähernd senkrechter Zugrichtung der Kette ist die Wippe um ungefähr  $30^\circ$  aus der flachen Lage geneigt. Eine solche senkrechte bis gering von vorne geneigte Zugrichtung entspricht einem im Normalfall üblicherweise anzunehmenden Kettenzug.

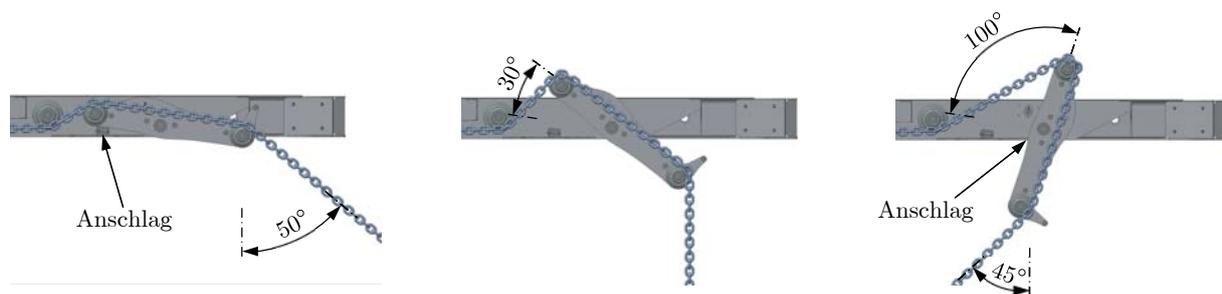


Abb. 5.36: Neigung der Wippe in Abhängigkeit der Kettenzugrichtung

Die beiden Kettenrollen der Wippe haben einen Achsabstand von 740 mm. Die Breite der Wippe und damit die Lichte zwischen den beiden Schwertern der Lade beträgt 90 mm.

### 5.3.5 Wippensperrsystem

Die Komponenten des Wippensperrsystems in der Ankerlade sind in Abb. 5.37 gezeigt.

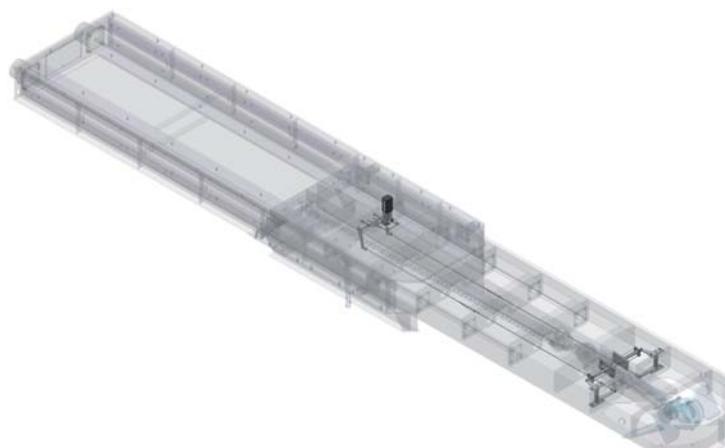


Abb. 5.37: Position der Wippensperre in der Ankerlade bei ausgefahrener Lade

Wie in der Konzeptentwicklung in Kap. 4.2.6 erläutert, wird beim Einfahren der Lade durch einen Klauenmechanismus die Wippe mit dem darin gehobenem Anker in einer flachen Lage gehalten. Dadurch kann die Lade ohne Kollision der Wippe beziehungsweise des Ankers durch die Öffnung in der Bordwand in den Tunnel eingefahren werden.

Diese flache, geneigte Lage des in die Wippe gehobenen Ankers wird zwar durch Zug an der Kette erreicht, um aber diese geneigte Lage während des Einfahrens der Lade in den Tunnel sicherzustellen, wird der Anker durch einen Klauenmechanismus in der geneigten Lage fixiert.

Zum Halten des Ankerschafts werden, wie in Abb. 4.14 (Kap. 4.2.6) konzipiert, zwei linear verschiebbare Klauen verwendet. Die konstruktive Umsetzung dieser beiden Klauen ist in Abb. 5.38 dargestellt. Dabei werden verschiebbare Klauen in Klauenkonsolen geführt und durch Druckfedern im geschlossenen Zustand (o.) gehalten. Durch die eingebauten Druckfedern muss eine Zugkraft aufgebracht werden um die Klauen zu öffnen (u.). Ohne einer solchen Zugkraft bleiben die Klauen im geschlossenen Grundzustand und der Anker und die Wippe werden in der flachen Lage festgehalten.

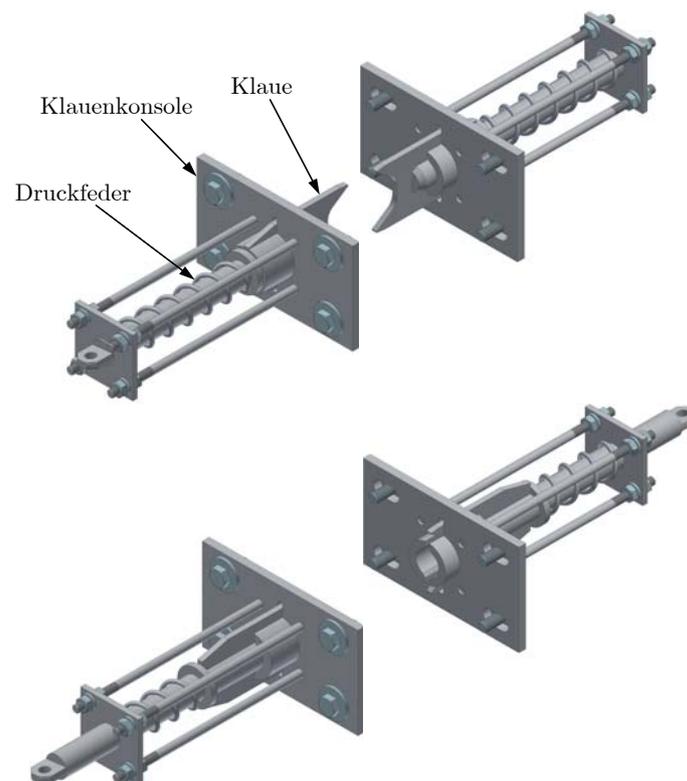


Abb. 5.38: Klauen im geschlossenen Grundzustand (o.) und geöffnet (u.)

In Abb. 5.39 ist ein Hebelmechanismus dargestellt, der zum Aufbringen dieser Zugkraft und damit zum Bewegen beider Klauen in die Lade eingebaut wird.



Abb. 5.39: Hebelmechanismus der Wippensperre

Zum Bewegen der Klauen ist am Tunneldeckel ein Hydraulikzylinder (Abb. 5.40) angebracht, der am hinteren Hebel des Hebelmechanismus ansetzt und diesen betätigt.

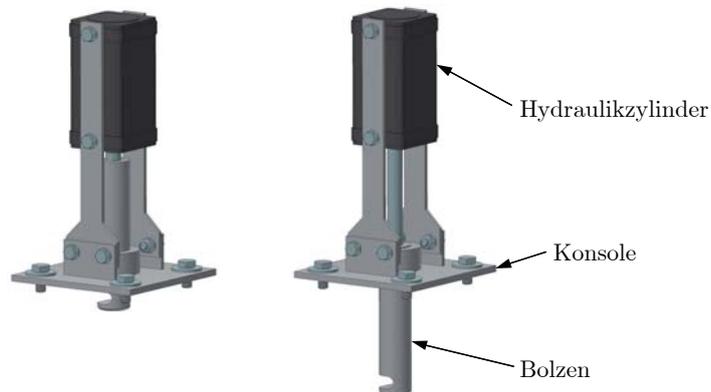


Abb. 5.40: Hydraulikzylinder mit Bolzen zum Betätigen des Hebelmechanismus

Die Funktionsweise zum Bewegen der Wippensperre über den mit den Klauen verbundenen Hebelmechanismus wird in den folgenden Abbildungen anhand von Detailansichten (r.) gezeigt.

In Abb. 5.41 ist der Grundzustand der Wippensperre mit geschlossenen Klauen dargestellt, wobei zwischen den beiden symmetrisch angebrachten Klauen in weiterer Folge der Ankerschaft festgehalten wird. Durch die Druckfedern werden die Klauen geschlossen und über die Zugstangen der hintere Hebel (Hebel I) in der gezeigten Lage gehalten. Zum Justieren der Neigung dieses Hebels kann die Länge der Zugstangen durch Drehen der beiden Sechskantprofile mit Rechts- und Linksgewinde passend eingestellt werden.

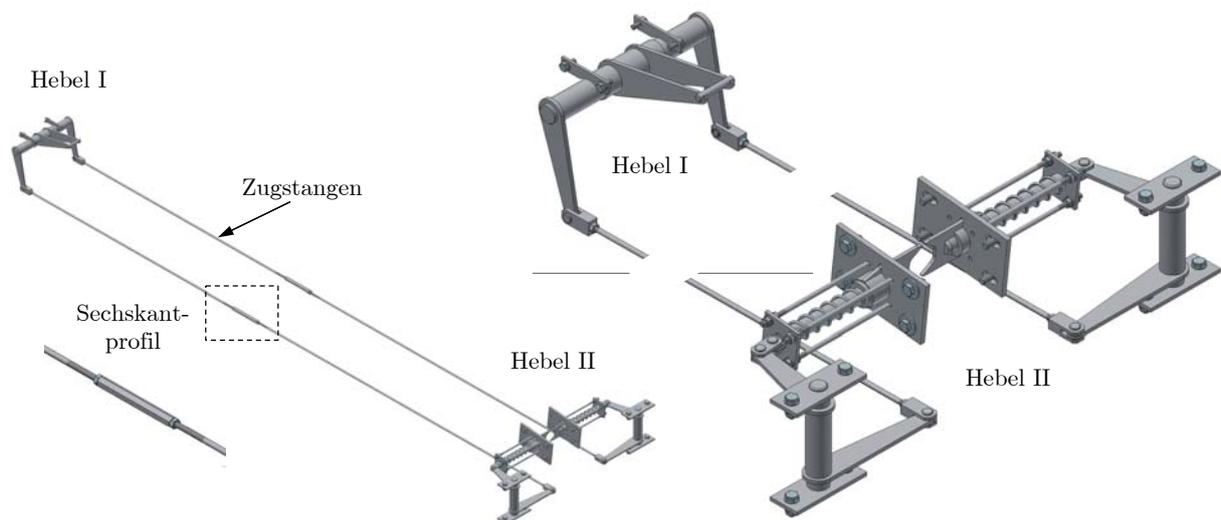


Abb. 5.41: Gesperrte Wippensperre mit geschlossenen Klauen

Beim Ausfahren des im Tunneldeckel angebrachten Hydraulikzylinders wird der hintere Hebel (I) des Hebelmechanismus nach unten geneigt und in weiterer Folge die Klauen geöffnet. Dazu überträgt der Hebelmechanismus die Kraft des Hydraulikzylinders über Zugstangen und

die beiden symmetrischen vorderen Hebel (Hebel II) an die Klauen, die sich durch Zugkraft öffnen. In Abb. 5.42 ist die Wippensperre mit so geöffneten Klauen dargestellt.

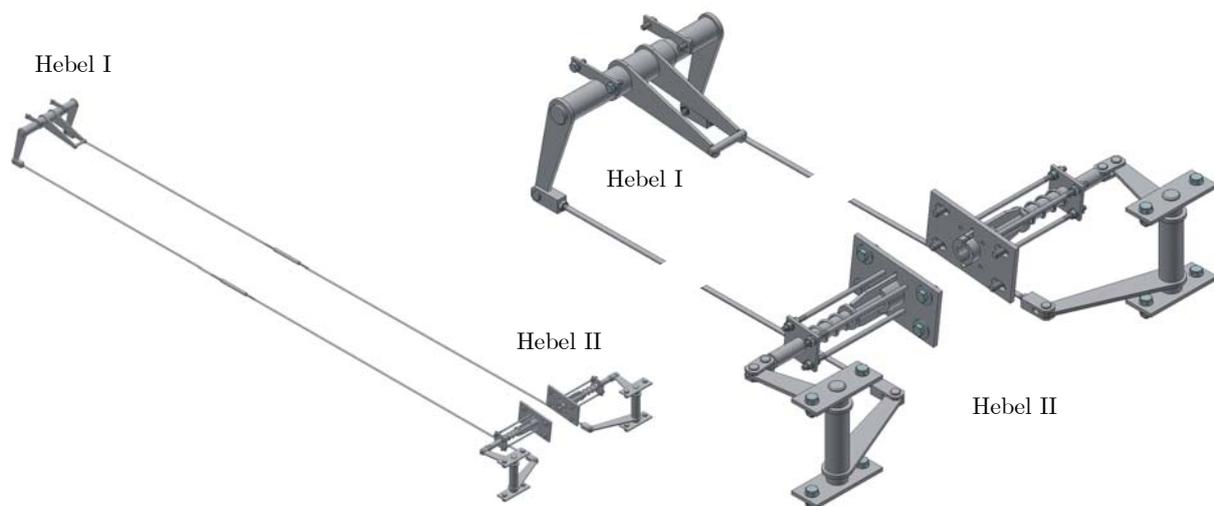


Abb. 5.42: Entsperrte Wippensperre mit geöffneten Klauen

Beim Einfahren des Hydraulikzylinders am hinteren Hebel (I) werden die beiden Klauen durch die Druckfedern wieder geschlossen. Als zusätzliche Unterstützung zum Schließen der Klauen beziehungsweise zum Lösen von durch Seewasser eventuell nicht einwandfrei gleitenden Führungsflächen ist der vom Hydraulikzylinder bewegte Bolzen, wie in Abb. 5.40 dargestellt, mit einer Nut versehen. Diese Nut verbindet den bewegten Bolzen mit dem hinteren Hebel (I) des Hebelmechanismus, was eine Kraftunterstützung beim Schließen der Klauen durch den Hydraulikzylinder ermöglicht.

Wie beschrieben wird der Hydraulikzylinder am Tunneldeckel angebracht und die übrigen Komponenten, die beiden symmetrischen Klauen und der Hebelmechanismus, in die Lade eingebaut. Dabei sind die beiden Klauenkonsolen an den Schwertern der Lade im Bereich der Wippe so positioniert, dass sich bei flach geneigtem Anker die Klauen knapp vor dem Wirbelschäkel um das Ende des Ankerschafts schließen können.

Um die Klauen durch die Schwerter der Lade und durch die Wippenbleche bis zum Ankerschaft verschieben zu können, sind in diesen Blechen Ausschnitte vorgesehen. In Abb. 5.34 sind die beiden Ausschnitte in der Wippe in den Höckern der beiden seitlichen Bleche erkennbar.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Positionen der Systemkomponenten und die Funktionsweise der Wippensperre bei ausgefahrener Lade. Dabei ist in Abb. 5.43 der gesperrte Grundzustand der Wippensperre mit um den Ankerschaft geschlossenen Klauen (u.) und eingefahrenem Hydraulikzylinder (o.) dargestellt. Abb. 5.44 zeigt die entsperrte Wippensperre, wobei durch den ausgefahrenen Hydraulikzylinder (o.) die Klauen geöffnet werden (u.).

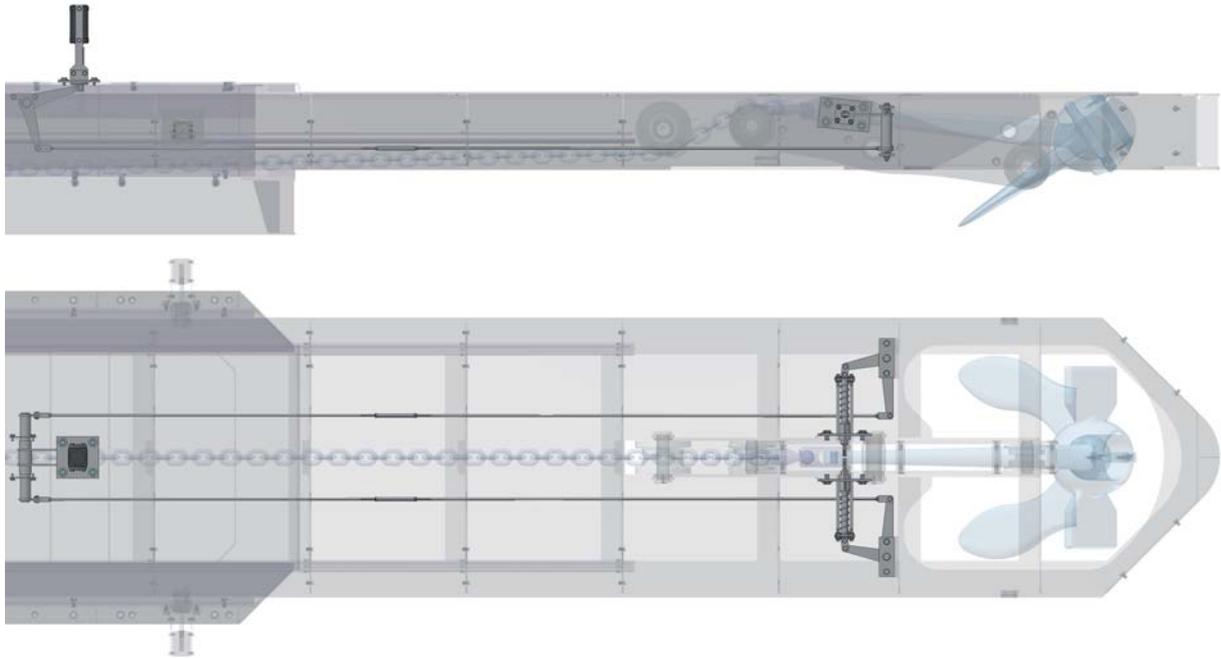


Abb. 5.43: In der Ankerlade eingebaute, gesperrte Wippensperre (Klauen um den Ankerschaft geschlossen)

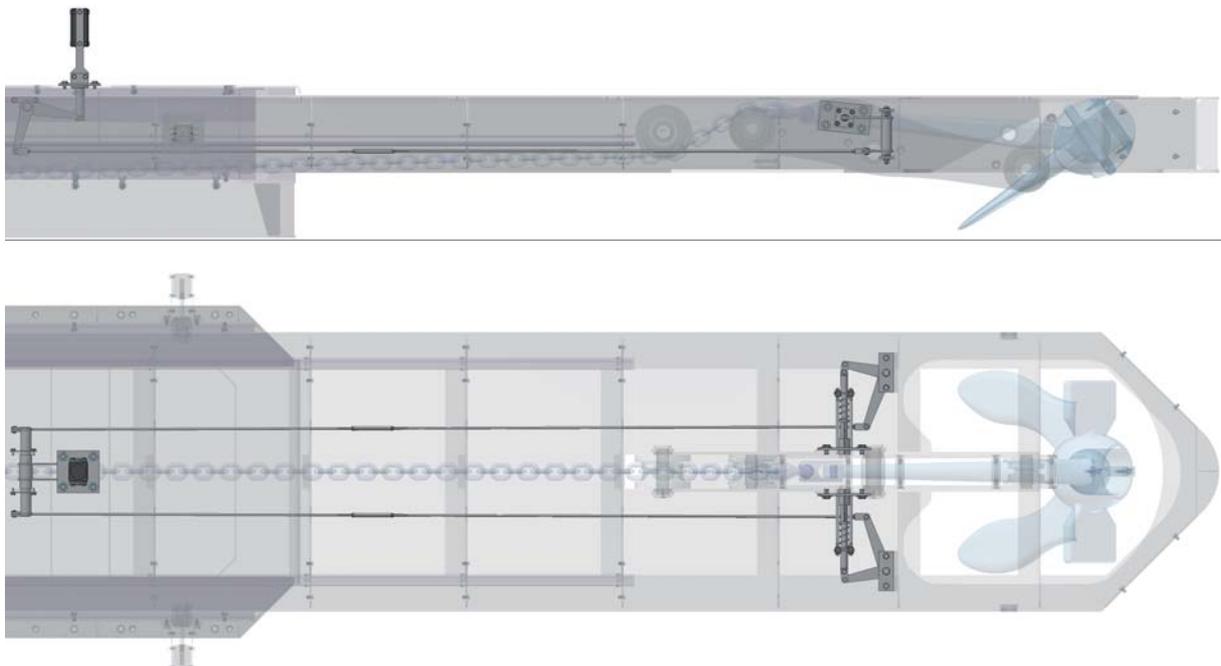


Abb. 5.44: In der Ankerlade eingebaute, entsperrte Wippensperre (Klauen geöffnet)

Die Funktion der durch den Hebelmechanismus bewegten Klauen, eingebaut in der Lade, ist in den folgenden Abbildungen anhand von drei Zuständen im Detail gezeigt. Dabei ist je ein Viertelschnitt durch den Ankerschaft (li.) und ein Vollschnitt durch die Klauen (r.) abgebildet.

Im ersten Zustand (Abb. 5.45) ist die Wippensperre gesperrt und die Klauen geschlossen, wodurch der Anker in flacher Lage in der Wippe fixiert wird. Wie erkennbar, sind dazu die

beiden Klauen durch die Ausbrüche in den Schwertern und den Blechen der Wippe geschoben und umschließen zur Fixierung des Ankers den Ankerschaft knapp vor dem Wirbelschäkel.

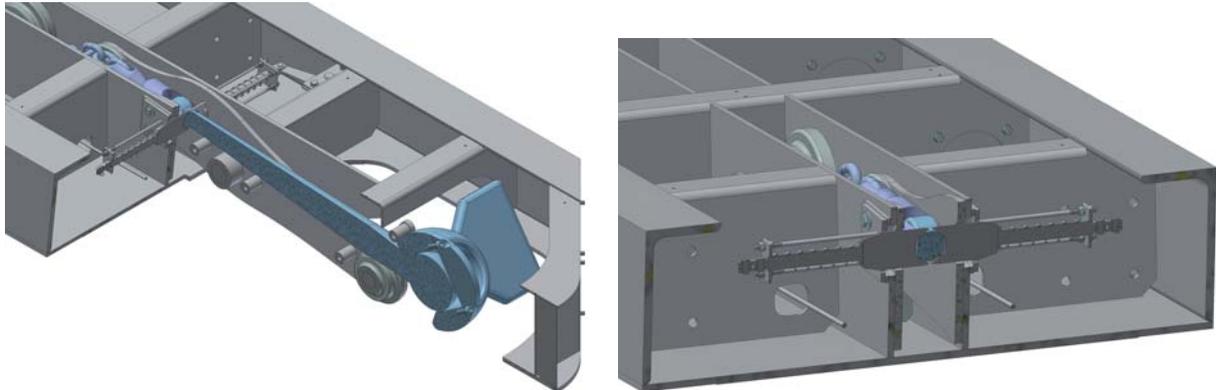


Abb. 5.45: Um den Ankerschaft geschlossene Klauen

Im zweiten Zustand (Abb. 5.46) ist die Wippensperre entsperrt. Dabei wird der Ankerschaft nicht mehr von den Klauen umschlossen und der Anker nicht mehr in der Lage fixiert. Bei entsperrter Wippensperre kann sich die Wippe beim Nachstecken der Ankerkette neigen.

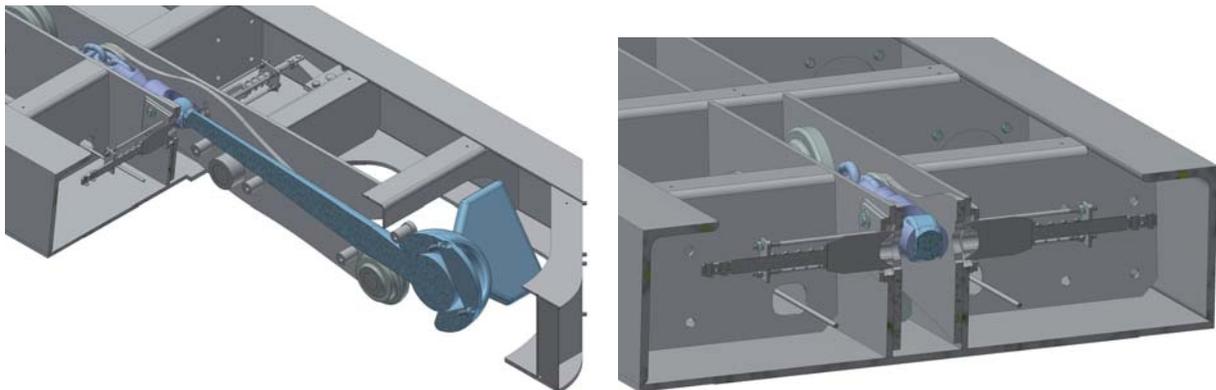


Abb. 5.46: Geöffnete Klauen

Im dritten dargestellten Zustand (Abb. 5.47) ist die Wippensperre entsperrt, der Anker abgesenkt und die Wippe wie abgebildet geneigt. Die geöffneten Klauen sind dabei erkennbar.

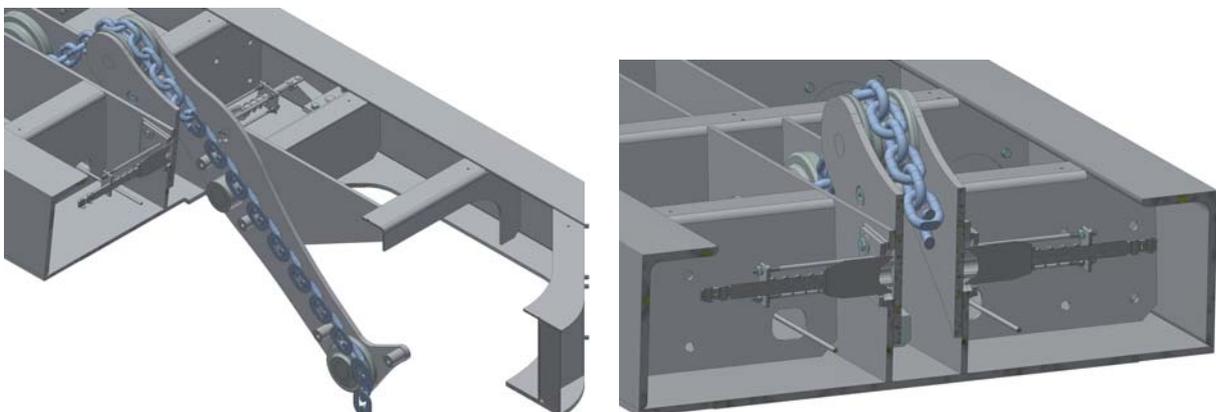


Abb. 5.47: Geöffnete Klauen und geneigte Wippe

Der Hydraulikzylinder zur Betätigung der Wippensperre ist wie bereits gezeigt am Tunneldeckel montiert, die übrigen Komponenten jedoch in der linear bewegten Lade. Dadurch kommt es beim Verfahren der Lade zu einer Verschiebung des Hebels (I) im Vergleich zum Hydraulikzylinder, wie in der folgenden Abb. 5.48 dargestellt.

Da die Wippensperre nur bei ausgefahrener Lade entsperrt werden darf, ist der Hydraulikzylinder am Tunneldeckel und der hintere Hebel des Hebelmechanismus in der Lade so positioniert, dass sich beim Ausfahren der Lade der Hebel (I) in die Nut des Bolzens des Hydraulikzylinders bewegt und dadurch ein Entsperren der Wippensperre durch Betätigen des Hebels möglich wird.

Diese Verbindung des Hebels (I) des Hebelmechanismus mit dem Bolzen des Hydraulikzylinders während des Ausfahrens der Lade aus dem Tunnel sowie das anschließende Entsperren der Wippensperre durch Betätigen des Hebels mit dem Hydraulikzylinder sind in den Detailansichten (r.) in Abb. 5.48 gezeigt (v.o.n.u.).

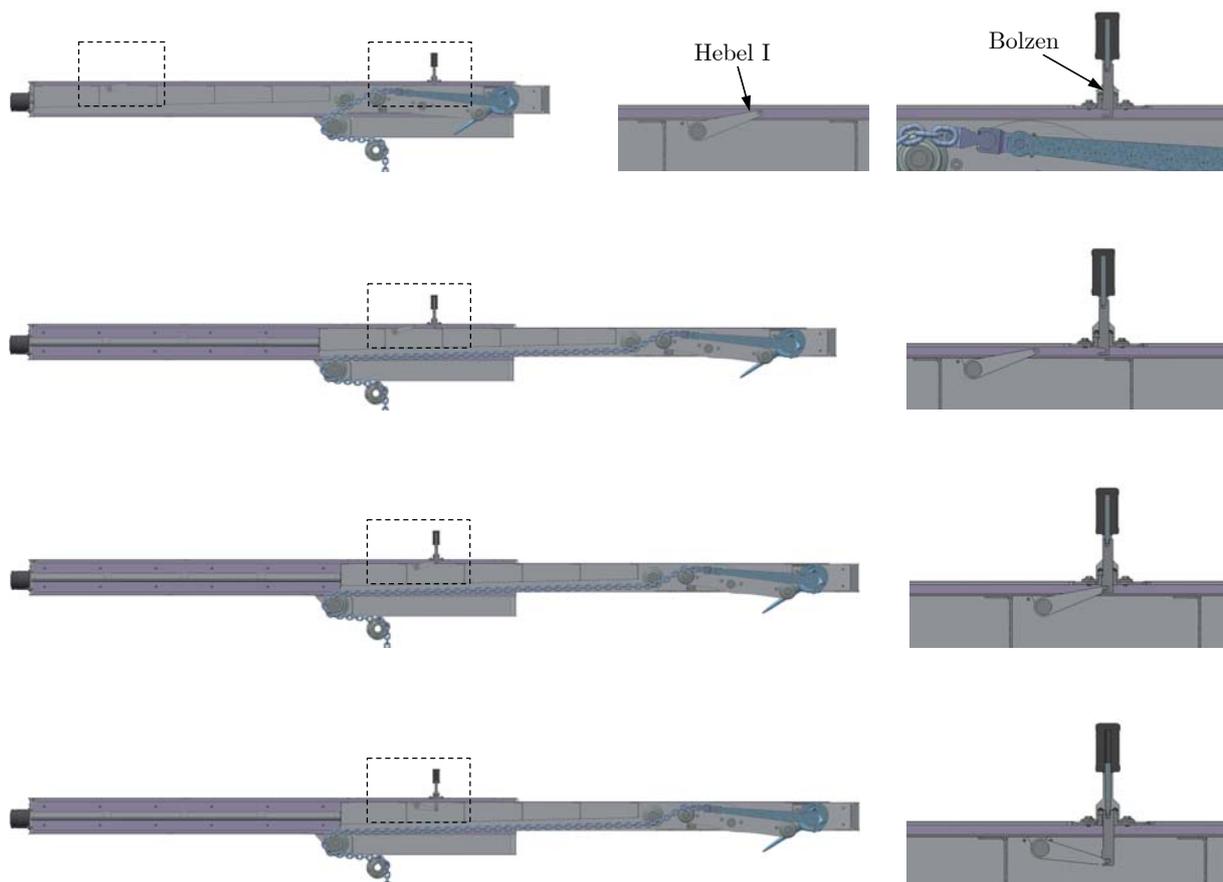


Abb. 5.48: Hebel I und Bolzen des Wippensperresystems beim Ausfahren der Lade (verbinden und betätigen)

### 5.3.6 Kettenführung

In Abb. 5.49 ist der Verlauf der Ankerkette durch die Ankerlade bei ausgefahrener Lade und abgesenktem Anker gezeigt.

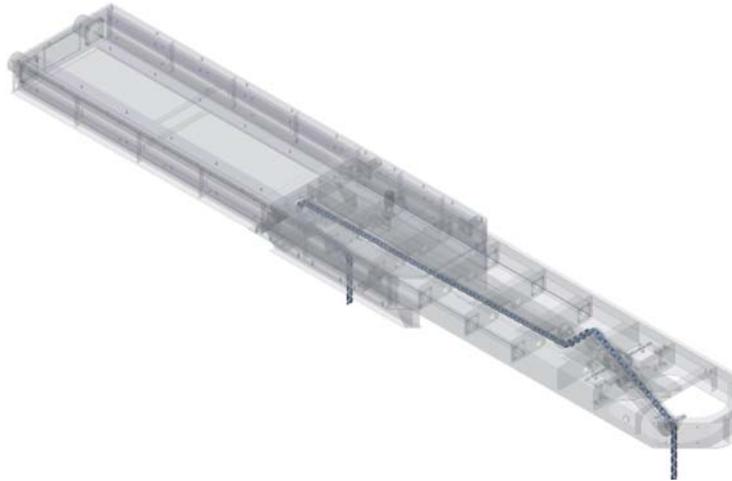


Abb. 5.49: Kettenverlauf durch die Ankerlade bei ausgefahrener Lade

In den folgenden Detailansichten in Abb. 5.50 sind in Schnittansicht der Ankerlade die Umlenkungen der Kette über die vorhandenen Kettenrollen gezeigt. Dabei ist die 180°-Umlenkung der Kette im Tunnel über die Kettenrolle des Trägers und die anschließende 90°-Umlenkung über das Taschenrad der Ankerwinde (li.) dargestellt. Das Taschenrad repräsentiert dabei die Ankerwinde, die konstruktiv nicht dargestellt ist. Im vorderen Teil der Ankerlade ist der Kettenverlauf über die geneigte Wippe und über die darauffolgende, in der Lade angebrachte Kettenrolle (r.) ersichtlich. Die Kettenrolle in der Lade knapp hinter der Wippe dient dabei zum Neigen der Wippe bei gehobenem Anker und zum Leiten der Ankerkette entlang der Unterseite der Lade durch den dargestellten Kettenschacht.

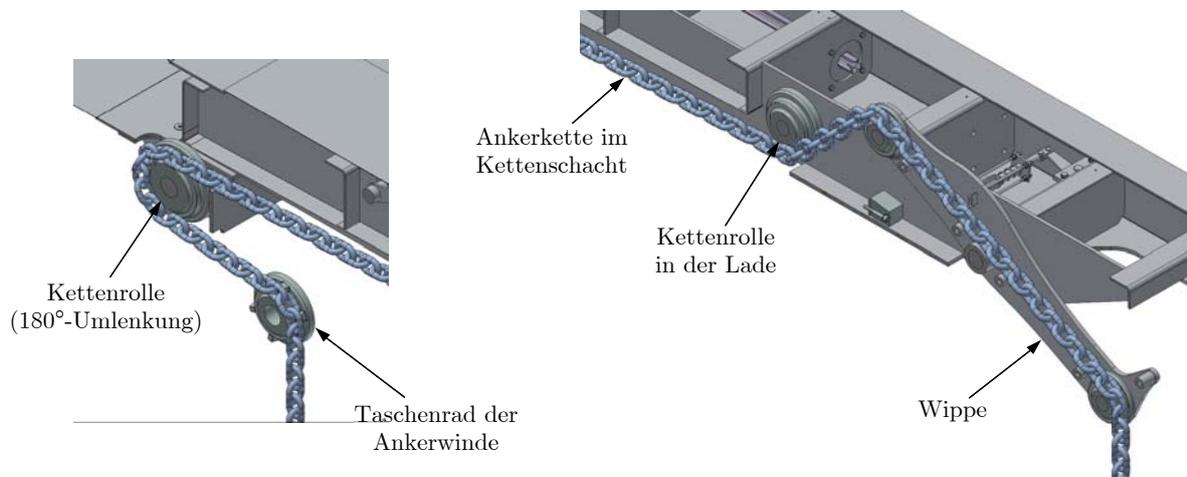


Abb. 5.50: Verlauf der Ankerkette im Kettenkasten (li.) und in der ausgefahrenen Lade (r.)

Wie in der Konzeptentwicklung in Kap. 4.2.7 für den Kettenverlauf konzipiert, ist die Ankerkette im Tunnel über eine zusätzliche Kettenrolle mit der beschriebenen 180°-Umlenkung geleitet. Die Position dieser Kettenrolle im Bereich der Schottwand ist in Abb. 5.51 dargestellt und im Detail in der anschließenden Abb. 5.52 erkennbar. Abb. 5.51 zeigt zudem den erreichten Abstand der Ankerkette zur Bordwand bei ausgefahrener Lade von ca. 1600 mm.

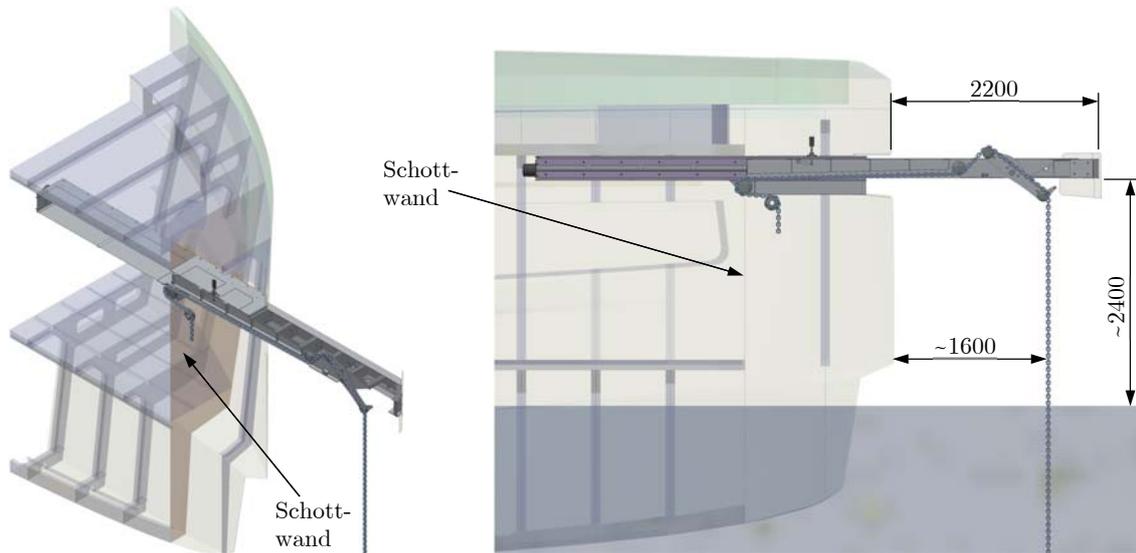


Abb. 5.51: Kettenrolle im Bereich der Schottwand und Abstand der Ankerkette zur Bordwand

Die folgende Abb. 5.52 zeigt den Kettenverlauf durch die Ankerlade in verschiedenen Zuständen, von geschlossener bis ausgefahrener Lade und anschließend abgesenktem Anker (v.o.n.u.).

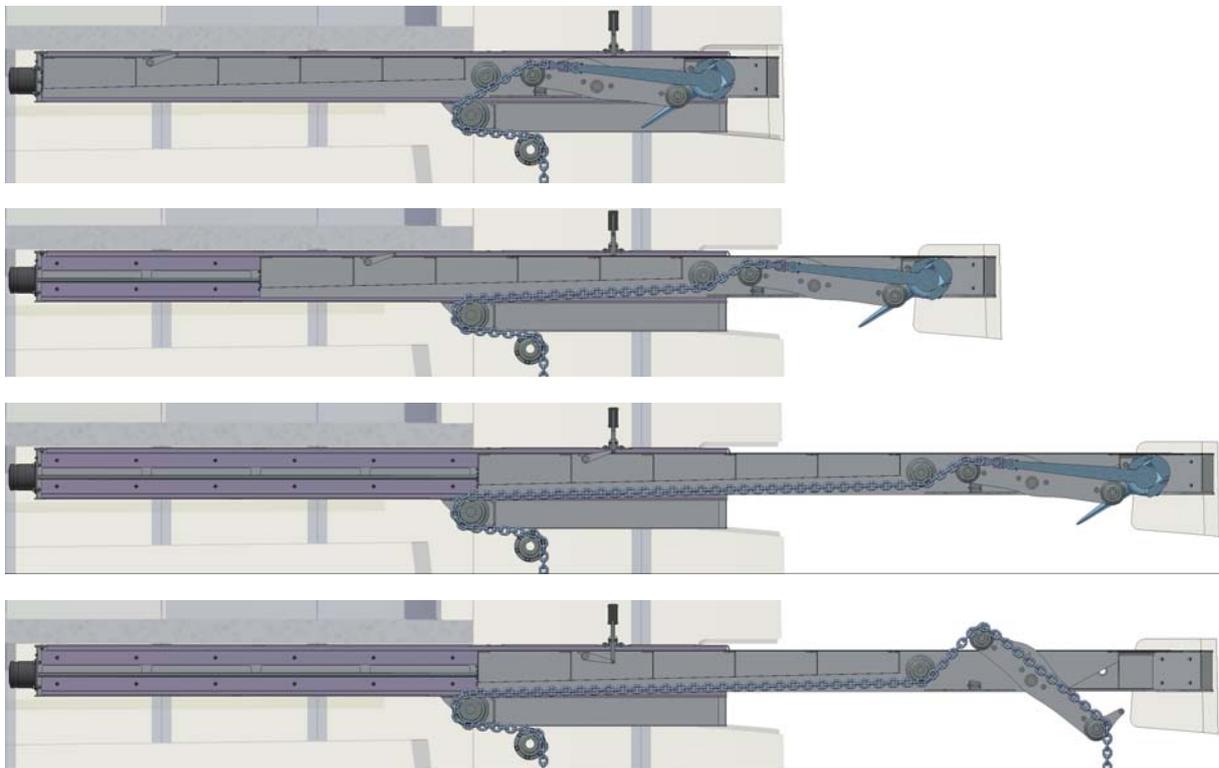


Abb. 5.52: Kettenverlauf durch die Ankerlade in verschiedenen Zuständen (Schnittansicht)

## 5.4 Weitere Komponenten

Neben den bisher gezeigten, wesentlichen Systemkomponenten der Ankerlade, sind zum Betrieb dieses Ankersystems weitere Komponenten erforderlich. Diese sind hauptsächlich seitens der Yachtkonstruktion im Detail auszuarbeiten und daher in der Konstruktion der Ankerlade nur vereinfacht dargestellt.

### 5.4.1 Bordwandöffnung und Bordwanddeckel

Wie in Abb. 5.53 (li.) dargestellt, befindet sich in der Bordwand eine geeignete Öffnung zum Ausfahren der Lade aus dem Bug der Yacht.

Um bei eingefahrener Lade diese Bordwandöffnung zu schließen, wird der Bordwanddeckel, der das Gegenstück zur Öffnung bildet, an der Vorderseite der Lade, wie in Abb. 5.53 (r.) dargestellt, angebracht. Die Bordwandöffnung und der Bordwanddeckel sind seitens der Yachtkonstruktion so zu gestalten, dass bei eingefahrener Lade der Deckel in dieser Öffnung (beispielsweise an einer Gummidichtung) anliegt, sodass eine glatte, ununterbrochene und ankerlose Gestaltung der Bordwand erreicht wird.

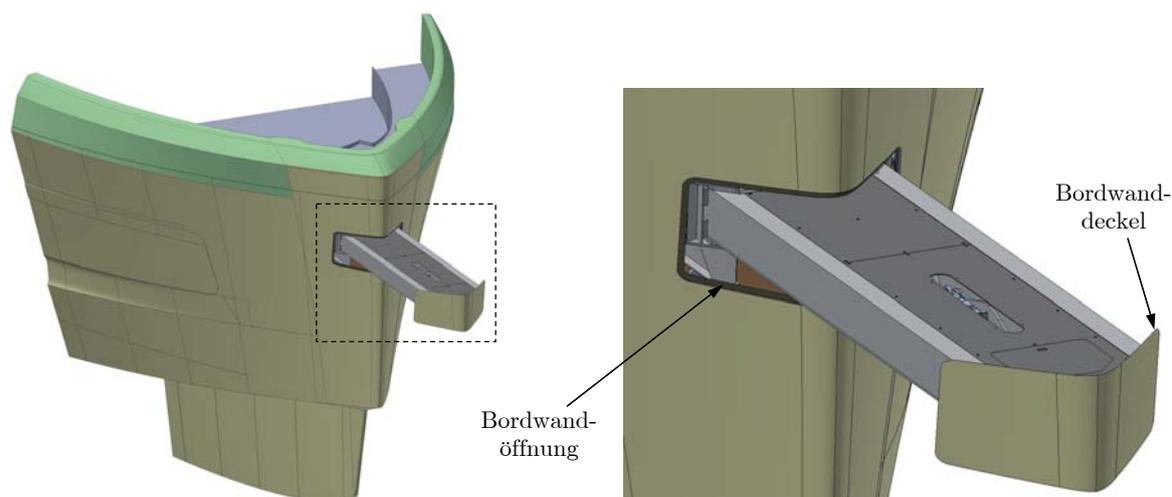


Abb. 5.53: Bordwandöffnung und Bordwanddeckel

Die Bordwandöffnung beziehungsweise der Bordwanddeckel haben die dargestellte Form mit einer ungefähren Größe von 950 mm in der Breite und 480 mm in der Höhe. Der erkennbare Winkel zwischen den beiden Außenflächen des Deckels entspricht dem Winkel am Bug mit ungefähr  $90^\circ$ .

## 5.4.2 Deckverkleidung der Lade

Zum Abdecken der Systemkomponenten in der ausgefahrenen Lade wird die Oberseite der Lade mit Abdeckplatten in Form einer Deckverkleidung in gewünschter Optik versehen. Dabei ist nur jener vordere Bereich der Lade abzudecken, der sich bei ausgefahrener Lade außerhalb des Tunnels beziehungsweise außerhalb des Buges befindet. Die Position der dafür an den Querblechen der Laden-Schweißbaugruppe angebrachten Deckverkleidung ist in Abb. 5.54 dargestellt.

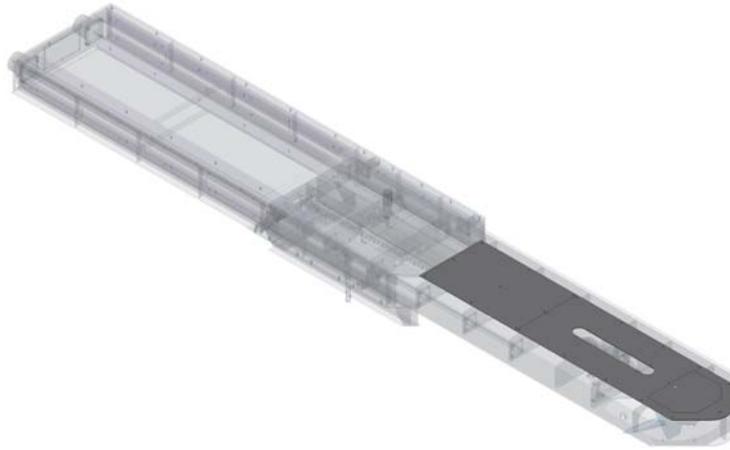


Abb. 5.54: Position der Deckverkleidung an der ausgefahrenen Lade

Damit die Wippe, wie in Abb. 5.55 gezeigt, zum Absenken des Ankers geneigt werden kann, ist in der Deckverkleidung im Bereich über der Wippe ein Ausbruch vorzusehen.

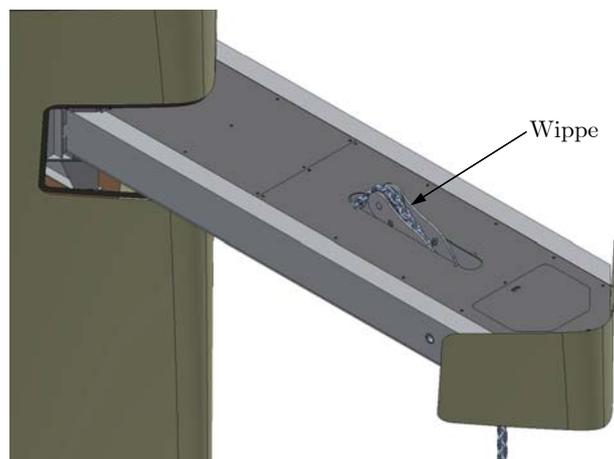


Abb. 5.55: Ausbruch für die Neigung der Wippe in der Deckverkleidung

Die Deckverkleidung ermöglicht ein Begehen der ausgefahrenen Ankerlade. Dabei ist aber auf ein mögliches Verletzungsrisiko durch Quetschgefahr, bedingt durch die neigbare Wippe und durch die über die Kettenrollen laufende Ankerkette, hinzuweisen. Bei gehobenem Anker und gesperrter Wippe kann die Lade jedoch ohne dieses Verletzungsrisiko betreten werden.

Für die Zugänglichkeit zum Anker bei ausgefahrener Lade, beispielsweise zum Anbringen einer Ankerboje, befindet sich in der Deckverkleidung im vorderen Bereich der Lade über dem gehaltenen Anker eine Abdeckklappe, die, wie in Abb. 5.56 (r.) gezeigt, geöffnet werden kann.

Abb. 5.56 zeigt die ausgefahrene Lade mit gehobenem Anker und gesperrter Wippe in einer Perspektive von hinten, wobei die Deckverkleidung mit der Abdeckklappe und mit dem Ausbruch für die Wippe erkennbar ist.

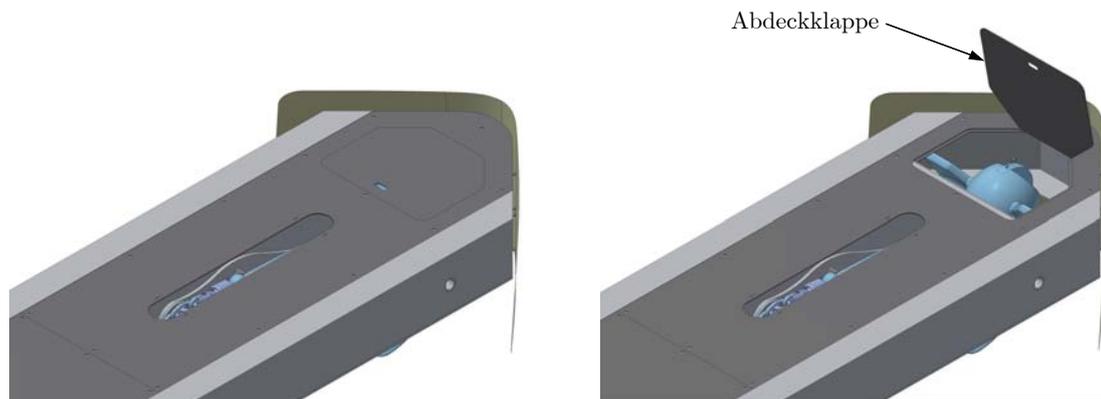


Abb. 5.56: Abdeckklappe in der Deckverkleidung (Ansicht von hinten)

Die Unterseite der Lade ist größtenteils durch die Grundplatte der Laden-Schweißbaugruppe abgedeckt, wie in Abb. 5.57 ersichtlich, und erfordert daher keine weiteren optischen Abdeckvorkehrungen. Im hinteren Bereich der Ladenunterseite sind der mittige Kettenschacht und die darin geführte Ankerkette erkennbar. Dieser Kettenschacht ist nach oben hin mit einem Abdeckblech versehen, damit die bewegte Kette im Kettenschacht geführt wird und nicht mit den Blechkanten der Querbleche der Laden-Schweißbaugruppe in Berührung kommt.

Abb. 5.57 zeigt die ausgefahrene Lade in einer Ansicht von unten bei gehobenem Anker mit gesperrter Wippe (li.) und bei abgesenktem Anker mit entsperrter, geneigter Wippe (r.).

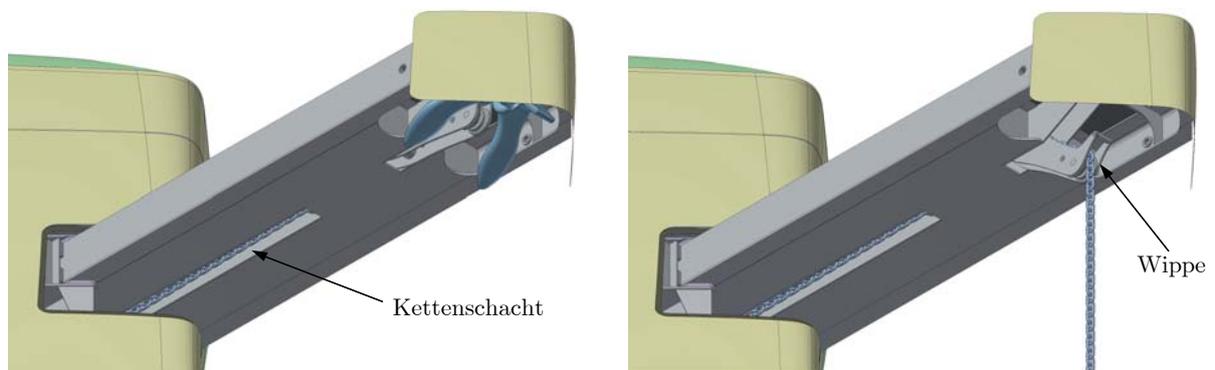


Abb. 5.57: Ausgefahrene Lade mit gehobenem (li.) und abgesenktem (r.) Anker (Ansicht von unten)

### 5.4.3 Umgestaltung der Schottwand

Zum Ermöglichen der Montage der Ankerlade im Bug der Yacht ist eine Änderung der Schottwand seitens der Yachtkonstruktion einzuplanen.

Dafür ist mindestens der die Schottwand durchdringende Querschnitt der Ankerlade als Ausbruch in der Schottwand vorzusehen, wie in Abb. 5.58 in der Schnittansicht des Buges von vorne (li.) und in der Ansicht der Schottwand von hinten (r.) dargestellt. Dabei ist die Durchdringung der Ankerlade durch die Schottwand erkennbar.

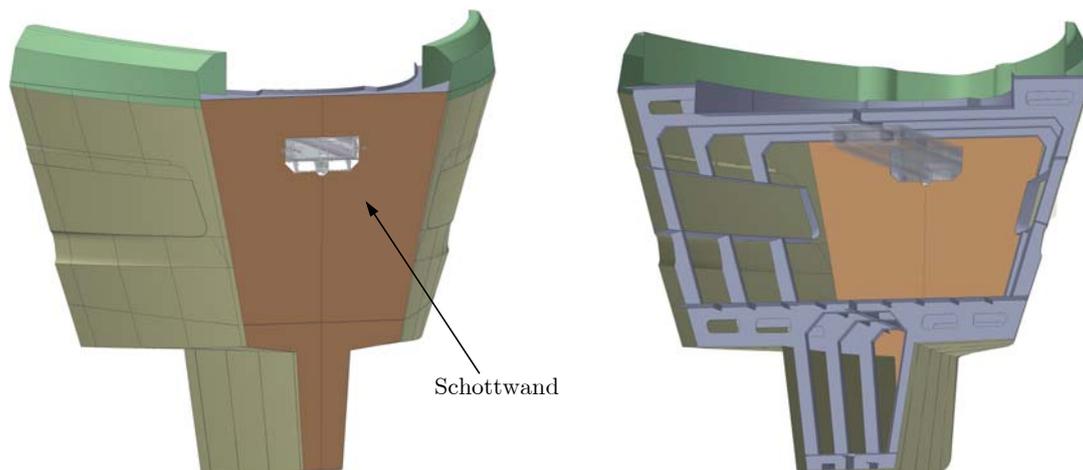


Abb. 5.58: Durchdringung der Schottwand durch die Ankerlade

Das Verschließen der aufgebrochenen Schottwand erfordert eine Umgestaltung beziehungsweise konkreter eine Schottwandummantelung der durch die Schottwand ragenden Ankerlade seitens der Yachtkonstruktion. Wie in den Konzepten in Kap. 4.2.1 bereits erwähnt, ist der in die Kabine ragende Teil der Ankerlade zudem mit einer geeigneten Dämmung und einer optischen Verkleidung zu versehen.

Die folgende Abb. 5.59 zeigt die Einbaulage der Ankerlade im Bug in Schnittansichten von Vorne, im Schnitt vor (li.) und nach (r.) der Schottwand. Dabei ist die Kontur des Ausbruchs in der Schottwand (li.) und die die Einbauhöhe der Ankerlade knapp unter der Kabinendecke beziehungsweise der Unterkonstruktion des Hauptdecks (r.) erkennbar.

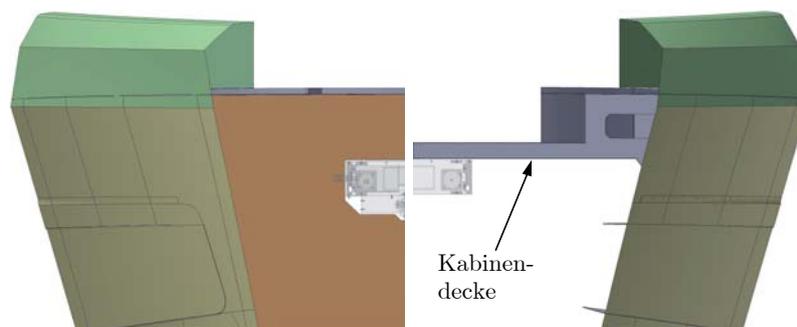


Abb. 5.59: Schottwandausbruch (li.), Einbauhöhe der Ankerlade an der Kabinendecke (r.) (Schnittansichten)

#### 5.4.4 Ankerwinde

Die Ankerwinde wird unter dem Tunnel im Kettenkasten befestigt. Abb. 5.60 zeigt im Bug der Yacht, unterhalb der Ankerlade, die Position des Taschenrads, welches in der Konstruktion die Ankerwinde repräsentiert.

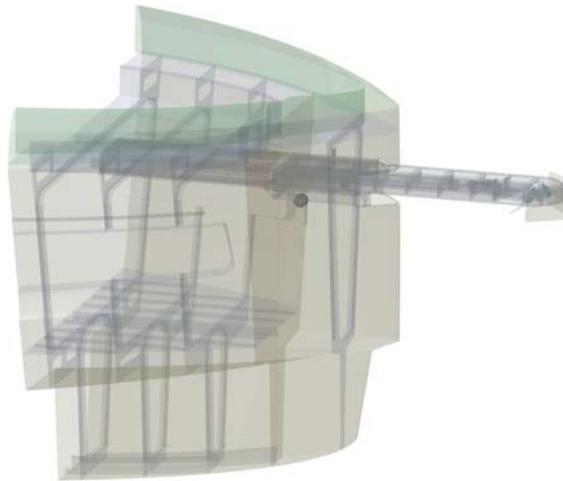


Abb. 5.60: Position des Taschenrads der Ankerwinde im Bug

Zum Stauen der Ankerkette im Kettenkasten ist die Ankerwinde in einem Abstand vor der Schottwand angebracht, sodass die Kette in einem gewissen Abstand zur Schottwand senkrecht in den unteren Bereich des Kettenkastens verläuft. Die vom Taschenrad senkrecht in den Kettenkasten verlaufende Ankerkette ist in Abb. 5.61 erkennbar.

Diese Schnittansichten bei aus- (o.) und eingefahrener (u.) Lade verdeutlichen noch einmal die in Kap. 5.3.6 beschriebene, zusätzliche 180°-Umlenkung der Kette. Wie dargestellt, hält diese 180°-Umlenkung den Umschlingungswinkel der Kette um das Taschenrad bei ungefähr 90°. Ohne dieser 180°-Umlenkung würde es bei eingefahrener Lade (u.) zum Abheben der Kette aus der Kettenrolle hinter der Wippe und vor allem zum Abheben der Kette aus dem Taschenrad der Ankerwinde kommen (s.Abb. 4.17 und Kap. 4.2.7), wodurch eine korrekte Kettenführung durch die Ankerlade nicht mehr gewährleistet wäre.

Beim Lichten des Ankers wird die Ankerkette aus dem Taschenrad der Ankerwinde senkrecht in den Kettenkasten fallen gelassen, wie in den Grundlagen in 2.4.4.4 beschrieben. In der Konstruktion ist jedoch nur jener Teil der Ankerkette gezeigt, der durch die Ankerlade verläuft. Dabei ist die restliche, am Boden des Kettenkastens gestaute Ankerkette, wie in Abb. 2.57 gezeigt, nicht mehr dargestellt.

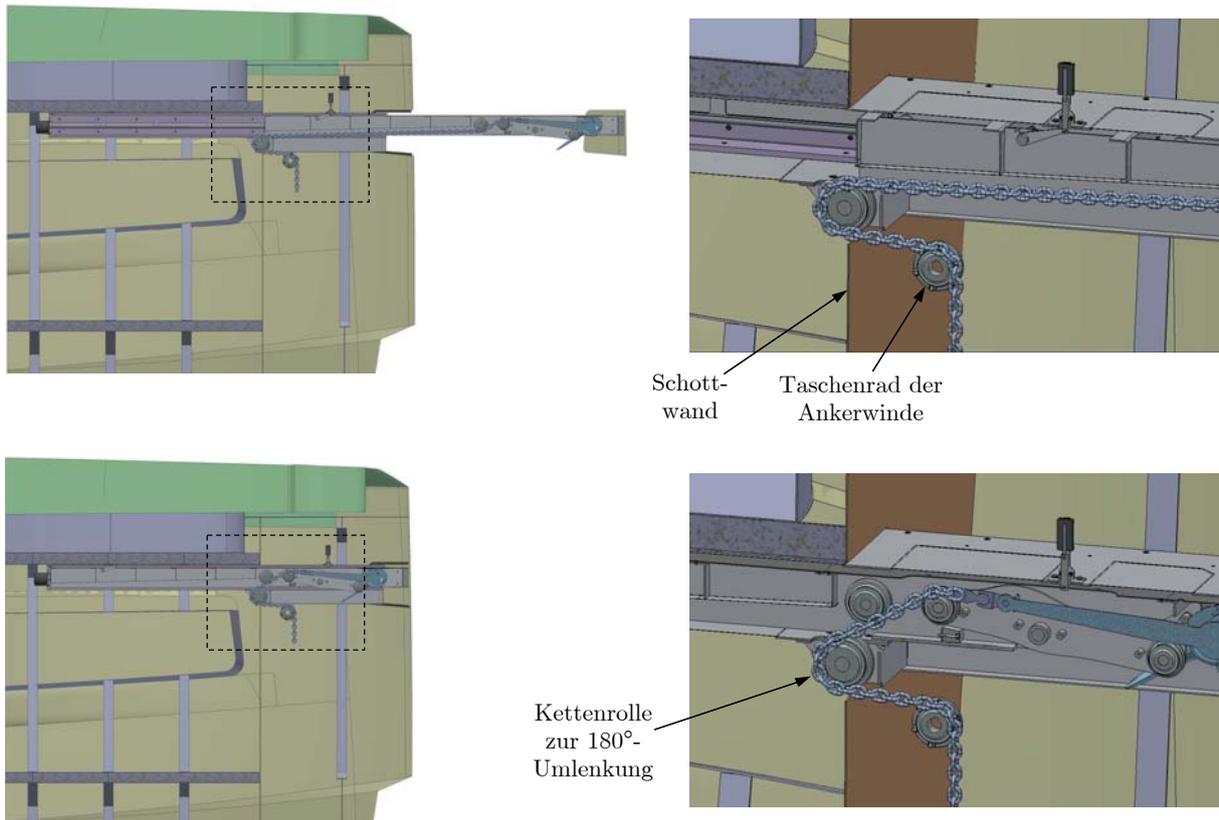


Abb. 5.61: Taschenrad und 180°-Umlenkung bei aus- (o.) und eingefahrener (u.) Lade (Schnittansicht)

### 5.4.5 Kettenspülung

Zum Spülen der Ankerkette beim Lichten des Ankers eignet sich die Anbringung einer Düse zur Süßwasserspülung in der Bordwandöffnung. Dazu wird diese Düse wie in Abb. 5.62 schematisch eingezeichnet, knapp hinter der Bordwandöffnung unterhalb der Lade positioniert und wie gezeigt in Richtung Kettenschacht ausgerichtet. Beim Einholen kann damit die Kette gespült werden und durch die nach außen geneigte Düse wird das auf die Kette gerichtete Spülwasser in den Außenbereich abgeleitet.

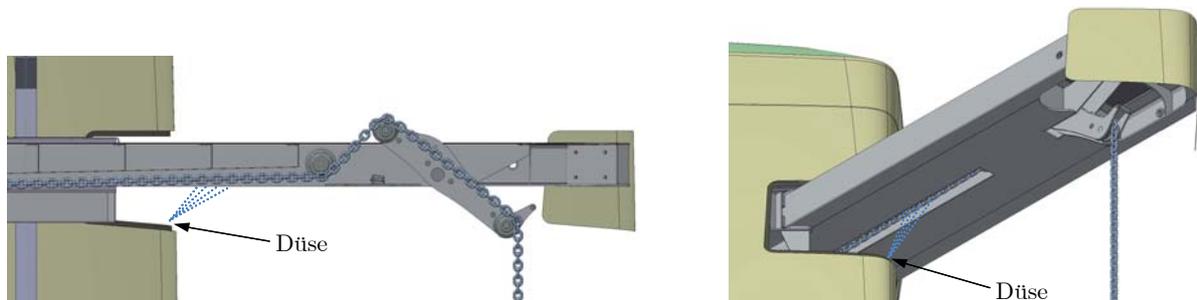


Abb. 5.62: Düse zur Spülung der Ankerkette

Neben dem Spülen der Ankerkette ist auch ein zusätzliches Spülen des Ankers und speziell dessen Flunken möglich. Ähnlich wie die beschriebene Düse zur Kettenspülung können dazu

zwei weitere Düsen, wie in Abb. 5. 63 schematisch eingezeichnet, auf die Flunken des Ankers gerichtet werden. Während des Einfahrens der Lade können damit die Flunken des Ankers mit Süßwasser gespült werden.

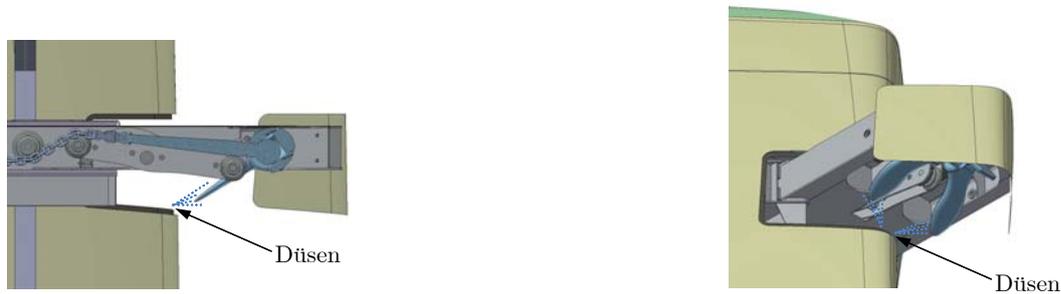


Abb. 5. 63: Zusätzlich Düsen zur Spülung des Ankers

### 5.4.6 Zugänglichkeit

Um den Zugang zu Systemkomponenten der Ankerlade zu ermöglichen, beispielsweise zur Montage, zur Wartung oder zum Notbetrieb, sind, wie auch bei anderen Ankersystemen üblich, geeignete Zugangsmöglichkeiten vorzusehen. In Kap. 4.2.8 wurden die Konzepte zum Zugang zur Ankerlade erarbeitet und auch Methoden für einen möglichen Notbetrieb erläutert.

Für den Zustieg zur Ankerlade und auch in den Bereich des Kettenkastens darunter eignen sich, wie in Abb. 5.64 schematisch eingezeichnet, Luken am Hauptdeck im vorderen Bugbereich über der Ankerlade.

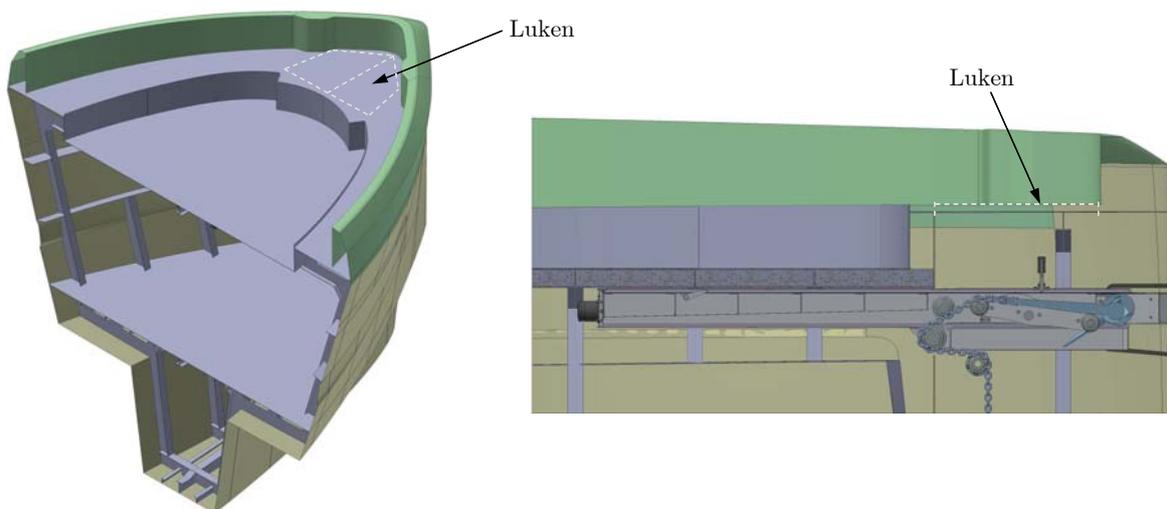


Abb. 5.64: Luken am Hauptdeck zur Zugänglichkeit der Ankerlade

Ein weiterer Zugang zu den beiden Motoren des Antriebssystems an der Rückwand des Tunnels könnte von der Kabine aus vorgesehen werden. Wenn dies seitens der Yachtkonstruktion berücksichtigt wird, könnte dazu durch eine abnehmbare Abdeckung im Kabinenraum zu diesem Bereich der Ankerlade eine Zugangsmöglichkeit eingeplant werden.

## 5.5 Belastungsanalyse

Zur Ermittlung und Beurteilung von auftretenden Belastungen an Komponenten des entwickelten Ankersystems wird die Ankerlade einer überschlägigen, computerunterstützten Belastungsanalyse unterzogen. Die ermittelten Ergebnisse dienen dabei zur Abschätzung auftretender Belastungsverhältnisse und sind nicht als Festigkeitsnachweis der Konstruktion anzusehen (s.Kap. 3.2). Die Belastungsanalyse wird als statische Finite-Elemente-Methode-Festigkeitsanalyse (FEM-Berechnung) durchgeführt und die dabei berechneten Ergebnisse an den Komponenten mithilfe einer Falschfarbendarstellung visualisiert.

### 5.5.1 Festlegen des Belastungszustands

Als Referenzbelastung wird ein hoher, aber durchaus betriebsüblicher Belastungszustand der Ankerlade angenommen. Da hohe Belastungen des Ankersystems grundsätzlich nur bei im Grund gefasstem Anker auftreten, werden in Folge nur Zustände der Ankerlade mit ausgefahrener Lade und abgesenktem Anker betrachtet.

#### 5.5.1.1 Einflussfaktoren und gewählter Referenzzustand

Die zwei wesentlichen Einflussfaktoren bei der Belastung der Ankerlade sind die Größe und die Richtung der Zugkraft der Ankerkette (Kettenzugkraft und Kettenzugrichtung).

Beim Betrieb des Ankersystems ist die Kettenzugkraft durch die Ankerwinde begrenzt: Die zulässige Kettenzugkraft der Winde entspricht dabei der größtmöglich auftretenden Kettenzugkraft.

Diese größtmögliche Kettenzugkraft ist jedoch nicht bei jeder Kettenzugrichtung betriebsüblich: Belastungen unter seitlichem Kettenzug (nicht in der Mittschiffsebene liegend, s.Kap. 2.3.2, Abb. 2.20) und Kettenzug von hinten (s.Abb. 5.36 r.) werden dabei als betriebsunübliche Belastungsfälle nicht näher betrachtet. Ein möglicher Belastungsfall mit maximaler Kettenzugkraft von vorne (s.Abb. 5.36 li.) könnte beim Festfahren des Ankers auftreten, wenn der Anker beispielsweise in felsigem Ankergrund (s.Kap. 2.4.2.1) fasst und bei Achterausfahrt der Yacht die Ankerkette unter maximal möglicher Zugkraft gespannt wird. Bei gewöhnlichem Festfahren des Ankers beziehungsweise durch Stecken der Ankerkette bei gefasstem Anker sollte dieser Belastungszustand jedoch nicht erreicht werden. Daher ist dieser Zustand als ebenfalls betriebsunüblich und als nicht geeigneter Referenzzustand zu werten.

Als sehr anschaulicher Zustand kann das Ausbrechen des Ankers betrachtet werden: Beim Versuch einen sehr schwer auszubrechenden (unklar gekommenen) Anker, beispielsweise aus felsigem Ankergrund, auszubrechen und zu lichten, kann höchstens die von der Winde maximal

mögliche Kettenzugkraft aufgebracht werden. Dabei ist die Kettenzugrichtung annähernd senkrecht (s. Abb. 5.65) und die größtmögliche Kettenzugkraft, begrenzt von der Ankerwinde, ungefähr gleichbleibend hoch. Dieser Zustand wird als geeigneter Referenzzustand für die nachfolgende Belastungsanalyse gewählt.

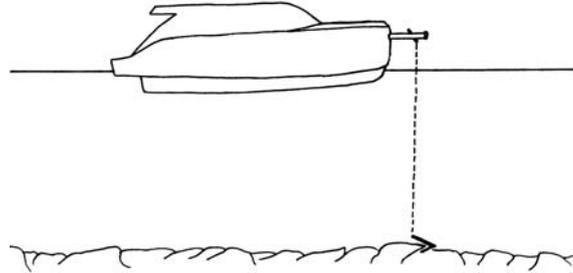


Abb. 5.65: Belastungszustand mit senkrechtem Kettenzug (Ausbrechversuch; schwer auszubrechender Anker)

### 5.5.1.2 Belastungshöhe

Üblicherweise wird die Belastung von Ankerwinden in Kilogramm angegeben. Die Umrechnung der Zugkraft von Kilogramm in Newton erfolgt trivial über die Erdbeschleunigung.

Die von der Ankerwinde maximal mögliche Kettenzugkraft wird bei der Belastungsanalyse als auftretende Kettenzugkraft angesetzt. Zur Ermittlung einer ungefähren Kettenzugkraft werden daher im Folgenden zwei mögliche Ansätze zur Vorabauslegung der Ankerwinde kurz und überschlägig betrachtet.

Nach dem ersten Ansatz kann die Zugkraft der Ankerwinde mit ungefähr dem dreifachen des Gewichts des Ankergeschirrs (Anker und Ankerkette) angenommen werden. Wie bereits in Kap. 3.3.7 beschrieben ergeben 120 m Ankerkette ein Gesamtgewicht des Ankergeschirrs von ca. 555 kg. Dies würde eine Dimensionierung der Ankerwinde mit ungefähr 1700 kg beziehungsweise rund 17 kN Zugkraft ergeben. Analog zu dieser Berechnung ergibt eine doppelt so lang angenommene Ankerkette mit 240 m ein Gesamtgewicht des Ankergeschirrs von in etwa 1000 kg und weiter eine Ankerwinde mit ungefähr 3000 kg beziehungsweise rund 30 kN Zugkraft. [40, S. 283]

Als zweiten Ansatz können Ankerwinden passend zum gegebenen Ankergeschirr nach Herstellerangaben gewählt werden. Dafür werden Datenblätter konkreter Ankerwinden ausgewertet. Mit der gegebenen Kettengröße von 13 mm ergibt sich beispielsweise eine Ankerwinde mit bis zu 3400 kg beziehungsweise rund 34 kN Zugkraft. Diese Zugkraft stammt von einer bereits verhältnismäßig stark dimensionierten Ankerwinde. [37, S. 38]

Für die Belastungsanalyse wird basierend auf den beiden Auslegungsansätzen eine Kettenzugkraft von 35 kN angesetzt. Diese angenommene Kettenzugkraft entspricht einem aufgerundeten

Wert, der in der Auslegung (im zweiten Ansatz) ermittelten Kettenzugkraft. Bei der Betrachtung und Auswertung der Ergebnisse der Belastungsanalyse muss unbedingt berücksichtigt werden, dass diese angenommene Kettenzugkraft einer verhältnismäßig sehr hohen Belastung des Ankersystems entspricht.

### 5.5.1.3 Zusammenfassung des Belastungszustands

Für die Belastungsanalyse wird als Belastungszustand eine senkrecht wirkende Kettenzugkraft mit 35 kN angenommen, wie in Abb. 5.66 dargestellt.

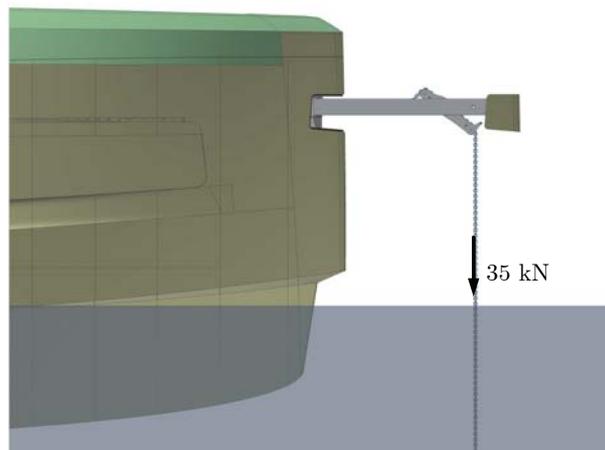


Abb. 5.66: Belastung der Ankerlade bei senkrechtem Kettenzug an der Ankerkette

Diese Referenzbelastung ergibt sich im Einsatz des Ankersystems beim Versuch, durch starken Kettenzug einen sehr schwer aus dem Ankergrund auszubrechenden Anker zu lichten. Dabei befindet sich die Yacht in der Position über dem abgesenkten Anker, wodurch die Ankerkette annähernd senkrecht zur Ankerlade verläuft. Der Anker hält jedoch so fest im Ankergrund, dass selbst bei größtmöglicher Kettenzugkraft, begrenzt durch die Ankerwinde, der Anker nicht aus dem Ankergrund ausgebrochen werden kann.

## 5.5.2 Simulationsvorbereitung und Simulation

Im Folgenden sind die einzelnen Schritte, die zur Vorbereitung der Belastungssimulation der Ankerlade erforderlich sind, kurz erläutert. Die anschließende Durchführung der Simulation liefert die Ergebnisse, welche im nächsten Kapitel betrachtet werden.

### 5.5.2.1 Geometrie

Als Basis der Belastungsanalyse wird ein vereinfachtes und auf die wesentlichen Komponenten reduziertes Modell der Ankerlade verwendet. Die reduzierte Konstruktion der Ankerlade ist in Abb. 5.67 aus zwei Perspektiven gezeigt.

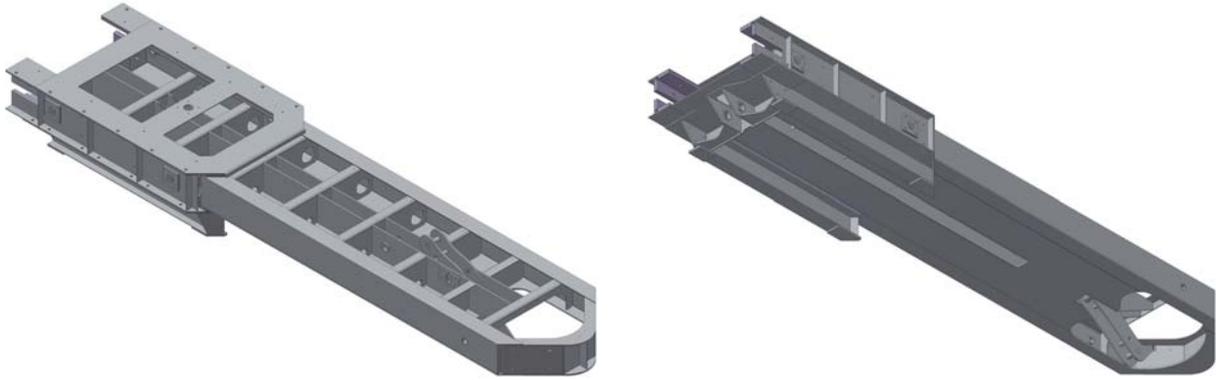


Abb. 5.67: Vereinfachte Konstruktion der Ankerlade als Modell für die Belastungsanalyse

Dabei sind folgende Elemente bereinigt: Normteile wie Schrauben und Muttern, reine Funktionskomponenten wie Kettenrollen und Wippensperrsystem, sämtliche weitere nichttragende Teile wie dünne Bleche des Tunneldeckels, Anker und Ankerkette.

Des Weiteren wird der hintere Teil des Tunnels, wie dargestellt, abgeschnitten, da in diesem Bereich keine nennenswerten Ergebnisse zu erwarten sind und dieser Teil des Tunnels bei Belastung der Ankerlade auch keinen Einfluss auf die Ergebnisse der übrigen Komponenten zeigt.

Als Anchlusselemente werden am Träger vier Flächenelemente eingefügt, welche die Befestigungsstellen der Ankerlade im Bug darstellen. Diese sind an der Unterseite, an den Enden der beiden äußeren Trägerprofile platziert (Abb. 5.67 r.).

### 5.5.2.2 Material

Für die Belastungsanalyse sind eine Werkstoffzuweisung der einzelnen Komponenten und die Angabe gewisser Werkstoffkennwerte erforderlich. Zwei Werkstoffe sind für das vereinfachte Modell der Ankerlade festzulegen: Ein Stahl für die gesamte Stahlkonstruktion und ein Kunststoff für die Gleitbahnen des Führungssystems. Die Stahlkonstruktion wird einheitlich aus demselben Stahl bestehend angenommen.

Als seewasserbeständige und für die Verwendung im Yachtbau übliche Stähle eignen sich für die Stahlkonstruktion der Ankerlade gewisse Duplex-Stähle wie beispielsweise 1.4462 oder 1.4463. Mit hoher Korrosionsbeständigkeit auch im geschweißten Zustand, hoher Festigkeit und hoher Streckgrenze wird für die Belastungsanalyse der Duplex-Stahl 1.4462 (X2CrNiMoN22-5-3) als Werkstoff der Stahlkonstruktion gewählt. [44]

Relevante und übernommene Werkstoffkennwerte des Duplex-Stahls 1.4462 sind:

- Elastizitätsmodul: 220 GPa
- Streckspannung: 550 MPa
- Zugfestigkeit: 850 MPa
- Dichte: 7800 kg/m<sup>3</sup>

[17]

Als Werkstoff für die Gleitbahnen zur linearen Führung der Lade im Tunnel wird ein seewasserbeständiger, verschleißfester und für Gleitführungen geeigneter Kunststoff gewählt. Hierfür bieten sich beispielsweise technische Kunststoffe mit Werkstoffbezeichnungen wie *Robalon*<sup>®</sup> oder *Polystone*<sup>®</sup> an. Diese Thermoplaste (Ultrahochmolekulares Polyethylen; UHMW-PE) zeichnen sich durch sehr hohe Verschleiß- und Abriebfestigkeit, sehr geringe Feuchtigkeitsaufnahme, geringe Gleitreibungskoeffizienten und selbstschmierende Eigenschaften sowie gute spanende Bearbeitbarkeit aus. Für die Gleitführungen wird bei der Belastungsanalyse *Polystone*<sup>®</sup> *M slide AST* als Werkstoff festgelegt. [46, 48]

Relevante und übernommene Werkstoffkennwerte des Gleitführungskunststoffs *Polystone*<sup>®</sup> *M slide AST* sind:

- Elastizitätsmodul: 700 MPa
- Streckspannung: 22 MPa
- Dichte: 970 kg/m<sup>3</sup>

[47, S. 8f.]

### 5.5.2.3 Abhängigkeiten

Zur Festlegung von Randbedingungen werden die vier Anschlussstellen am Träger als „fest“ definiert. Diese gesetzte Abhängigkeit entspricht der Befestigung der Ankerlade im Rumpf der Yacht.

### 5.5.2.4 Lasten

Die Ankerkette wird, wie in Kap. 5.5.1.1 festgelegt, mit einer senkrechten Kettenzugkraft von 35 kN belastet.

Zur Ermittlung der auf das Modell der Ankerlade wirkenden Kräfte wird der Verlauf der Ankerkette im festgelegten Belastungszustand betrachtet. Dabei werden die von der Ankerkette auf die Kettenrollen der Ankerlade übertragenen Kräfte in Richtung und Größe ermittelt.

Eine schematische Darstellung des sich bei senkrechtem Kettenzug einstellenden Kettenverlaufs, mit einer Neigung der Wippe von ca. 30° aus der flachen Lage, ist in Abb. 5.68 dargestellt (s. Abb. 5.36). Dabei sind die durch die Kettenrollen auf die Ankerkette wirkenden Kräfte eingezeichnet. In der darauffolgenden Abb. 5.69 sind diese Kräfte in umgekehrter Richtung, als Reaktionskräfte von der Ankerkette auf die Ankerlade wirkend, dargestellt.

Da die Wirkrichtung der auftretenden Kräfte von der Größe der Kettenzugkraft unabhängig ist, werden die Kräfte in Prozent der Kettenzugkraft (100%) ausgedrückt. Dadurch ist bei der Belastungsanalyse die Angabe der Kettenzugkraft als globaler Parameter möglich. Die Größen einzelner Kräfte ergeben sich aus der Multiplikation der Größe der gewählten Kettenzugkraft mit dem jeweiligen Prozentsatz.

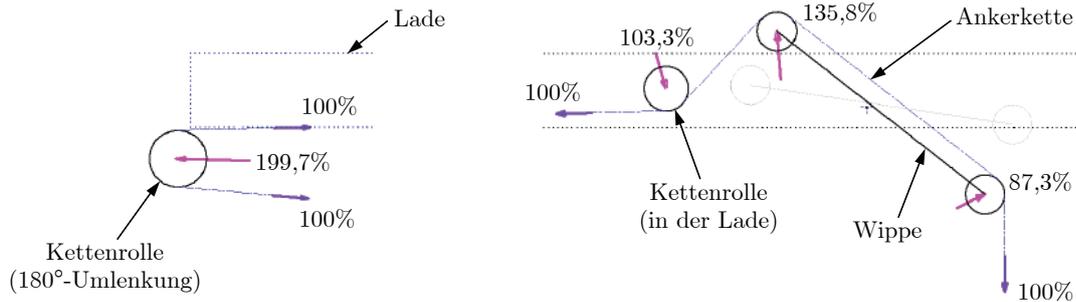


Abb. 5.68: Ermittlung der Kräfte am Kettenverlauf (in Prozent der Kettenzugkraft)

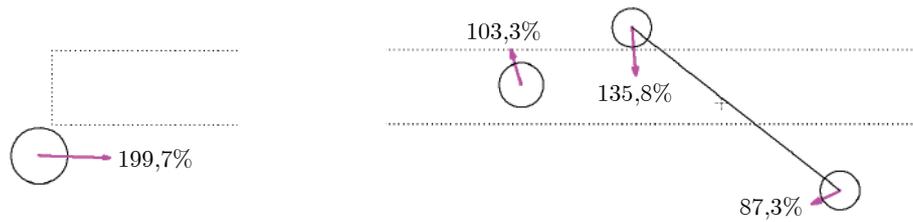


Abb. 5.69: Kräfte auf die Ankerlade als Reaktionskräfte des Kettenverlaufs (in Prozent der Kettenzugkraft)

Die in Abb. 5.69 ermittelten Kräfte sind angesetzt am vereinfachten Modell der Ankerlade in Abb. 5.70 dargestellt.

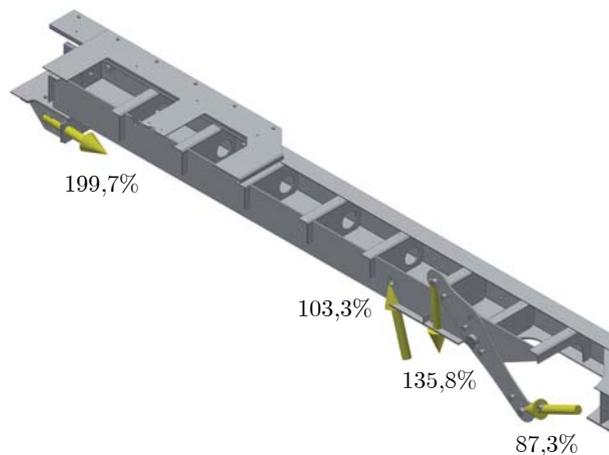


Abb. 5.70: Kräfte am Modell der Ankerlade (in Prozent der Kettenzugkraft, festgelegt mit 35 kN)

### 5.5.2.5 Kontaktbedingungen

Kontaktbedingungen geben an, in welcher Beziehung zwei Flächen von Einzelteilen zueinander stehen.

Die meisten Einzelteile der Konstruktion sind zu Schweißbaugruppen untrennbar verschweißt oder mittels Schraubverbindungen fest miteinander verbunden. Die dabei beteiligten Kontaktflächen der Einzelteile werden entsprechend als „verbunden“ definiert, was festlegt, dass die betreffenden Flächen fest miteinander verbunden sind und keine Relativbewegung zueinander ausführen können.

Manche Kontaktflächen sind jedoch als Gleitflächen nicht fest miteinander verbunden. Diese Gleitkontaktflächen, wie beispielsweise die betreffenden Flächen zur linearen Führung der Lade im Tunnel, sind demnach als „gleitend/nicht getrennt“ definiert.

### 5.5.2.6 Vernetzung

Die globalen Vernetzungsparameter werden so gewählt, dass die Vernetzung des Modells eine Anzahl von ungefähr einer Million Knoten ergibt. Mit dieser Anzahl von Knoten kann eine anschließende Simulation in vernünftigen Zeitrahmen bereits gut abschätzbare Ergebnisse liefern.

Durch die Wahl einer bauteilbasierten Vernetzung ergeben sich mit den gewählten globalen Vernetzungsparametern gute Netzdichten in relevanten Bereichen. Um gewisse Stellen möglicherweise feiner zu vernetzen, kann durch lokale Netzsteuerung in gewissen Bereichen, wie beispielsweise bei Kerben oder Kontaktstellen, eine noch höhere Netzdichte erreicht werden. Zur Optimierung werden zudem gewisse untergeordnete Bereiche und Elemente, wie beispielsweise am unbelasteten, vordersten Bereich der Lade, durch lokale Netzsteuerung mit geringerer Netzdichte und damit relativ grob vernetzt.

Die Vernetzung des vereinfachten Modells der Ankerlade ergibt eine Anzahl von ca. 1 045 000 Knoten (ca. 610 000 Elemente). In Abb. 5.71 ist das vernetzte Modell als Ergebnis der Vernetzung gezeigt.

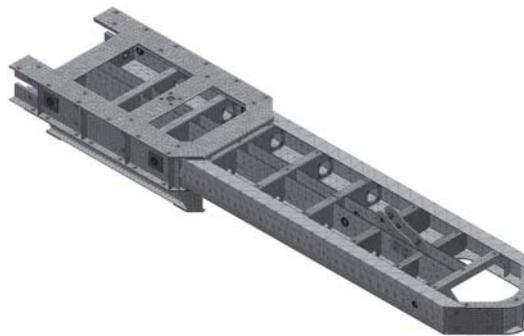


Abb. 5.71: Vernetztes Modell der Ankerlade

### 5.5.2.7 Simulation

Nach den vorbereitenden Schritten wird die Simulation der Belastung der Ankerlade durchgeführt und die dabei ermittelten Ergebnisse im nächsten Kapitel gezeigt.

Da die Kräfte in der Symmetrieebene (entspricht der Mittschiffsebene) des Modells angesetzt sind, handelt es sich hierbei um eine symmetrische Simulation. Daher werden auch die Ergebnisse symmetrisch zu dieser Symmetrieebene erwartet. Diese Belastungsanalyse könnte auch als symmetrische Simulation durchgeführt werden, indem nur eine Hälfte des

symmetrischen Modells betrachtet wird und entsprechende Randbedingungen gesetzt werden. Eine solche Simulation des halben Modells der Ankerlade wird aber aus folgenden Gründen nicht durchgeführt: Zum einen können mit dem Gesamtmodell der Ankerlade auch Belastungsanalysen anderer Lastfälle durchgeführt werden, die keiner symmetrischen Belastung entsprechen, wie beispielsweise bei seitlichem Kettenzug. Zum anderen sieht die verwendete Software die Behandlung symmetrischer Belastungsanalysen nicht vor. Die Durchführung der Simulation mit dem vereinfachten Gesamtmodell der Ankerlade, wie in den vorbereitenden Schritten gezeigt, liefert nachvollziehbar anschauliche Simulationsergebnisse.

### 5.5.3 Simulationsergebnisse

Zur Analyse der Simulationsergebnisse wird der ermittelte Sicherheitsfaktor als lokales Merkmal der Belastungshöhe herangezogen. Dieser stellt das Verhältnis der ertragbaren zur lokal auftretenden Belastung dar und wird in einer Falschfarbendarstellung des Modells der Ankerlade visualisiert. Mithilfe dieser farblichen Darstellung des Sicherheitsfaktors können lokal auftretende Belastungen an Komponenten ersichtlich gemacht werden.

Die in Abb. 5.72 abgebildete Farbleiste zeigt das Farbspektrum für die Visualisierung des Sicherheitsfaktors der nachfolgenden grafischen Simulationsergebnisse.



Abb. 5.72: Farbleiste des Sicherheitsfaktors

Die ermittelten Simulationsergebnisse werden im Folgenden mithilfe dieser Falschfarben in Abbildungen dargestellt. Eine blaue Färbung an Komponenten kennzeichnet einen Sicherheitsfaktor von 15 oder höher und damit relativ gering oder gar unbelastete Bereiche. Gelb bis orange gefärbte Bereiche visualisieren lokal geringe Sicherheitsfaktoren und deuten damit auf höher belastete Stellen beziehungsweise Komponenten der Ankerlade hin. Ein Sicherheitsfaktor unter eins würde einer Überschreitung der zulässigen Belastung durch die örtlich auftretende Belastung entsprechen, wodurch Sicherheitsfaktoren unter oder auch geringfügig über eins durch geeignete Maßnahmen, wie beispielsweise Anpassung der Geometrie, zu verhindern sind. Rot gefärbte Bereiche würden einen zu geringen Sicherheitsfaktor darstellen, der in den Simulationsergebnissen dieser Belastungsanalyse jedoch nicht auftritt. Der niedrigste lokal auftretende Sicherheitsfaktor wurde mit einem Wert von ungefähr 2,2 an der Wippe im Bereich des Ausbruchs für die Wippensperre ermittelt. Damit ist dieser Bereich vergleichsweise am höchsten belastet. Betrachtet man die Gesamtsituation der Belastungsanalyse und berücksichtigt dadurch den festgelegten Belastungszustand mit größtmöglicher Kettenzugkraft (s.Kap. 5.5.1),

ist dieser ermittelte Sicherheitsfaktor von 2,2 durchaus ein annehmbarer Wert. Dieser beschreibt, dass die bei diesem Belastungszustand höchste auftretende Belastung weniger als die Hälfte der ertragbaren Belastung der Komponenten beträgt. Die Auslastung der ertragbaren Belastung beträgt dabei ca. 45% (1 : 2,2).

### 5.5.3.1 Gesamte Ankerlade (vereinfachtes Modell)

In Abb. 5.73 sind die grafischen Simulationsergebnisse für das gesamte Modell der Ankerlade gezeigt. Die in weiterer Folge abgebildeten einzelnen Baugruppen werden in denselben Perspektiven wie in den gezeigten Ansichten von oben (li.) und unten (r.) dargestellt.

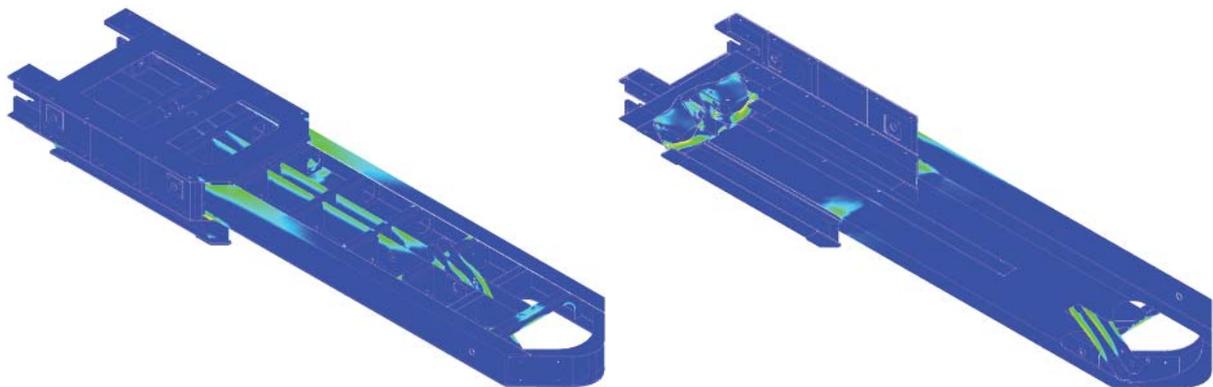


Abb. 5.73: Gesamte Ankerlade; Sicherheitsfaktor

### 5.5.3.2 Lade

Abb. 5.74 zeigt die Laden-Schweißbaugruppe mit farblicher Darstellung der ermittelten Sicherheitsfaktoren.

Im mittleren Bereich der Lade, vor allem an der Oberseite, ist eine erhöhte Belastung erkennbar. Zum Verständnis dieser auftretenden Belastung kann die ausgefahrene Lade vereinfacht als einseitig eingespannter und auf Biegung belasteter Träger betrachtet werden. Dabei ergeben sich in der Einspannstelle, die dem Bereich des Übergangs der Lade aus dem Tunnel entspricht, erhöhte Belastungswerte.

Ein weiterer Bereich mit etwas erhöhten Belastungswerten findet sich in der Mitte des Querblechs, am vorderen Ende der beiden Schwerter.

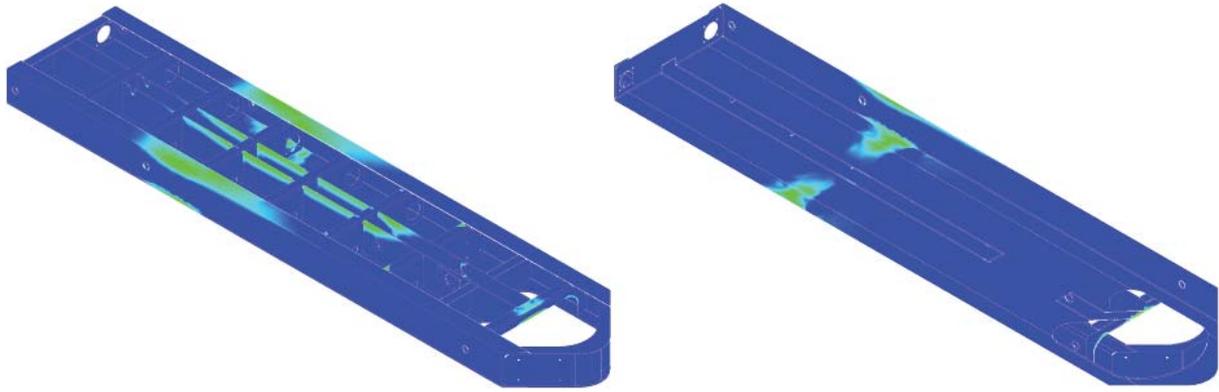


Abb. 5.74: Lade; Sicherheitsfaktor

### 5.5.3.3 Wippe

Die verhältnismäßig am höchsten belastete Komponente ist die Wippe, wie in Abb. 5.75 mit farblicher Visualisierung der Sicherheitsfaktoren dargestellt.

Dabei tritt die höchste Belastung im Ausbruch für die Wippensperre im Bereich des Höckers auf. Die Wippe kann als mittig gelagerter Träger betrachtet werden, an dessen beiden Enden Kräfte wirken (vgl. Abb. 5.69). Der Ausbruch bildet dabei eine Kerbe und durch den zudem verringerten Querschnitt im Bereich des Höckers kommt es in diesem Bereich zur lokal erhöhten Belastung.

Auch weitere Bereiche der Wippe sind ebenfalls relativ hoch belastet, wobei die Höchstwerte entlang der oberen und unteren Kanten der beiden Seitenbleche, wie in Abb. 5.75 erkennbar, auftreten.

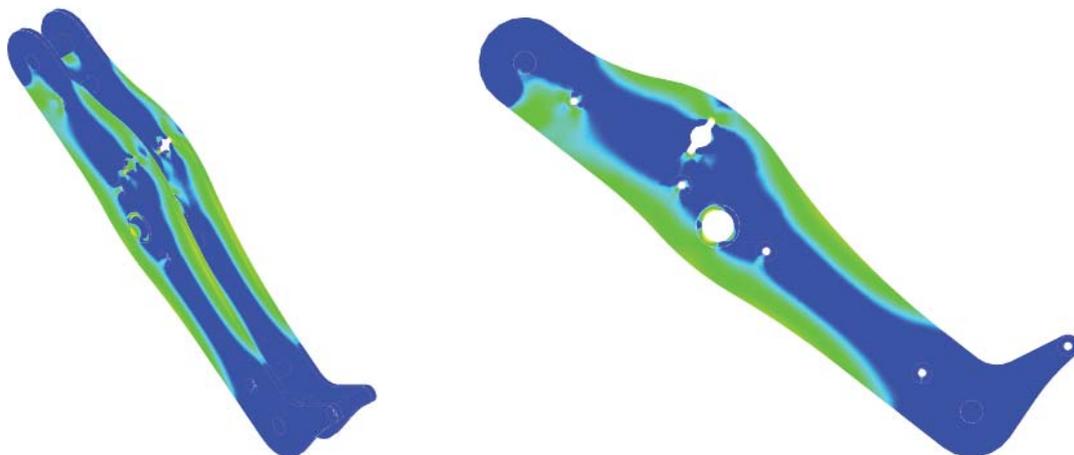


Abb. 5.75: Wippe; Sicherheitsfaktor

#### 5.5.3.4 Tunnel

In Abb. 5.76 ist der vereinfachte, vordere Bereich des Tunnels in farblicher Darstellung der ermittelten Sicherheitsfaktoren abgebildet. Dabei zeigt sich eine vergleichsweise geringe Belastung der Komponenten aus Stahl.

Als Bereich mit erhöhten Belastungswerten sind die beiden vorderen Enden der unteren Gleitbahnen erkennbar. In ähnlicher Betrachtungsweise der ausgefahrenen Lade als einseitig eingespannter Träger unter Biegung, wie bereits bei der Lade in Kap. 5.5.3.2, ergeben sich auch in diesem Bereich des Tunnels erhöhte Belastungswerte. Zudem hat der für die Gleitbahnen gewählte Kunststoff einen Einfluss auf das Simulationsergebnis in diesem Bereich.

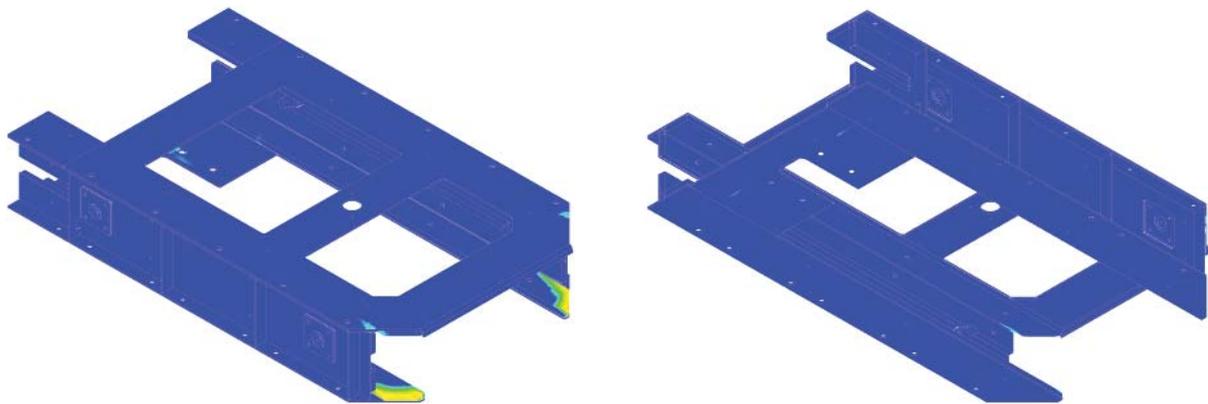


Abb. 5.76: Tunnel (vereinfacht und gekürzt); Sicherheitsfaktor

#### 5.5.3.5 Träger

Abb. 5.77 zeigt den Träger mit den ermittelten Sicherheitsfaktoren in farblicher Darstellung.

In der Mitte der Kettenrollenkonzole sind erhöhte Belastungen erkennbar, die sich aus der dort angreifenden, relativ großen Kraft, bedingt durch die 180°-Umlenkung der Ankerkette, ergeben (s.Abb. 5.69 li.).

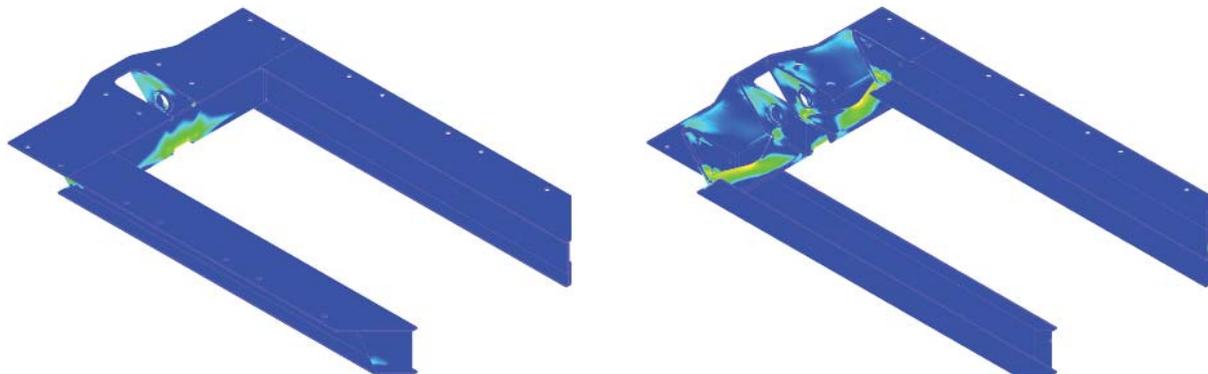


Abb. 5.77: Träger; Sicherheitsfaktor

### 5.5.3.6 Weitere Simulationsergebnisse

Neben dem Sicherheitsfaktor sind die Von Mises-Spannung und die Verschiebung weitere Ergebnisse der Simulation. Diese werden in ähnlicher Weise wie der Sicherheitsfaktor mittels einer Falschfarbendarstellung am Modell visualisiert.

Die Von Mises-Spannung liefert dabei im Wesentlichen ähnliche Ergebnisse wie der Sicherheitsfaktor, wobei sich Bereiche hoher Von Mises-Spannungen mit Bereichen geringer Sicherheitswerte überwiegend decken. Der Bereich der Gleitbahnen am Tunnel zeigt jedoch eine Abweichung, da bei der Visualisierung der Von Mises-Spannung nur die auftretende Belastung in Form einer Vergleichsspannung dargestellt wird und der vom Werkstoff ertragbare Wert unberücksichtigt bleibt. Daher wird, wie in diesem Kapitel einleitend beschrieben, der ermittelte Sicherheitsfaktor als zu betrachtendes Simulationsergebnis herangezogen.

Die bei der Simulation ermittelte Verschiebung der Komponenten wird zur Ermittlung der Durchbiegung der Lade analysiert. Dabei zeigt das Simulationsergebnis eine Verschiebung beziehungsweise konkreter eine Absenkung der Vorderkante der Lade von ungefähr 10 mm. Bezogen auf die auskragende Länge der Lade von 2200 mm entspricht dies ca. 0,45%.

### 5.5.3.7 Rückschlüsse auf die Konstruktion

Das gezeigte Simulationsergebnis ist das Ergebnis einer iterativen Optimierung der Konstruktion. Die Geometrie einzelner Komponenten wurde dabei in Bereichen erhöhter Belastung schrittweise angepasst, um den ermittelten Sicherheitsfaktor zu erhöhen. Hierbei wurde ein Sicherheitsfaktor von mindestens 2,0 im höchstbelasteten Bereich der Ankerlade angestrebt. Der erreichte minimale Sicherheitsfaktor, wie beschrieben im Ausbruch der Wippe, überschreitet mit einem Wert von ungefähr 2,2 diesen angestrebten Sicherheitsfaktor um rund 10%.

Die Form des Höckers und des Ausbruchs in der Wippe sind Beispiele einer solchen Geometrieoptimierung. Auch Blechstärken und Blechformen, wie beispielsweise der aussteifenden Querbleche oder der Schwerter der Lade, wurden mithilfe der Belastungsanalyse beziehungsweise der Simulationsergebnisse angepasst.

## 5.6 Ankervorgang

Anhand der Konstruktion wird im Folgenden der Ablauf des Ankervorgangs in Abbildungen dargestellt und beschrieben. Dabei sind je Zustand immer dieselben Ansichten des Ankersystems abgebildet und der fortschreitende Ablauf, beginnend mit der eingefahrenen Lade, bis zum vollständig abgesenktem Anker gezeigt.

Der nicht dezidiert erläuterte Vorgang des Ankerlichtens erfolgt in genau umgekehrter Reihenfolge wie der beschriebene Vorgang des Ankerns.

### 5.6.1 Lade eingefahren – Ladensperre entsperren

Am Beginn des Ankervorgangs ist die Lade in den Bug eingefahren und die Bordwandöffnung mit dem Bordwanddeckel verschlossen (Abb. 5.78). Dabei befinden sich die Komponenten des Ankersystems gänzlich innerhalb des Rumpfes im Bug der Yacht (Abb. 5.79).

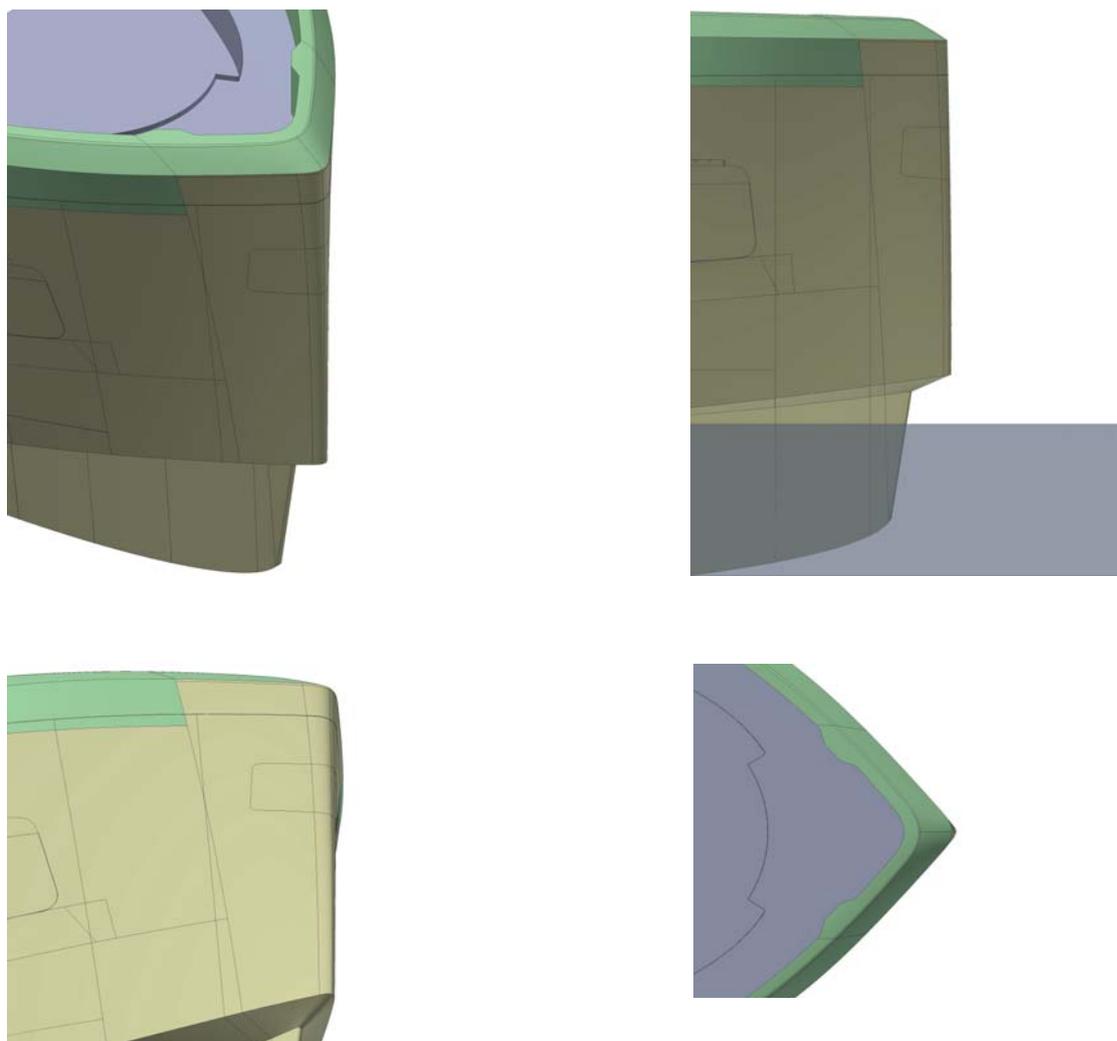


Abb. 5.78: Lade eingefahren

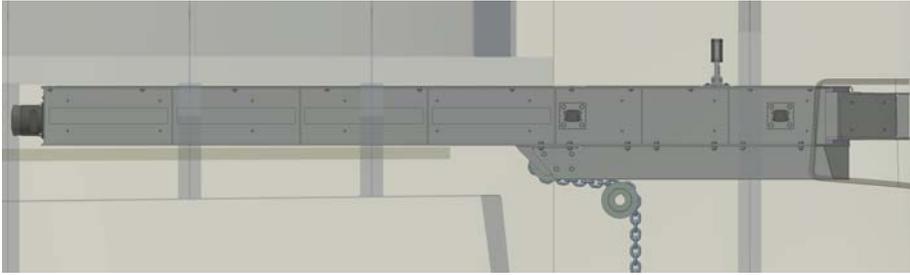


Abb. 5.79: Lade eingefahren

Im eingefahrenen Zustand wird die Bewegung der Lade durch das gesperrte Ladensperrsystem (s.Kap. 5.3.3) blockiert, indem die beiden vorderen Sperrbolzen des Ladensperrsystems in die Seitenwände der Lade geschoben sind (Abb. 5.80 o.). Um das anschließende Ausfahren der Lade aus dem Tunnel zu ermöglichen, wird das Ladensperrsystem entsperrt und dazu diese beiden Sperrbolzen mittels Hydraulikzylinder aus den Seitenwänden der Lade gezogen (Abb. 5.80 u.).

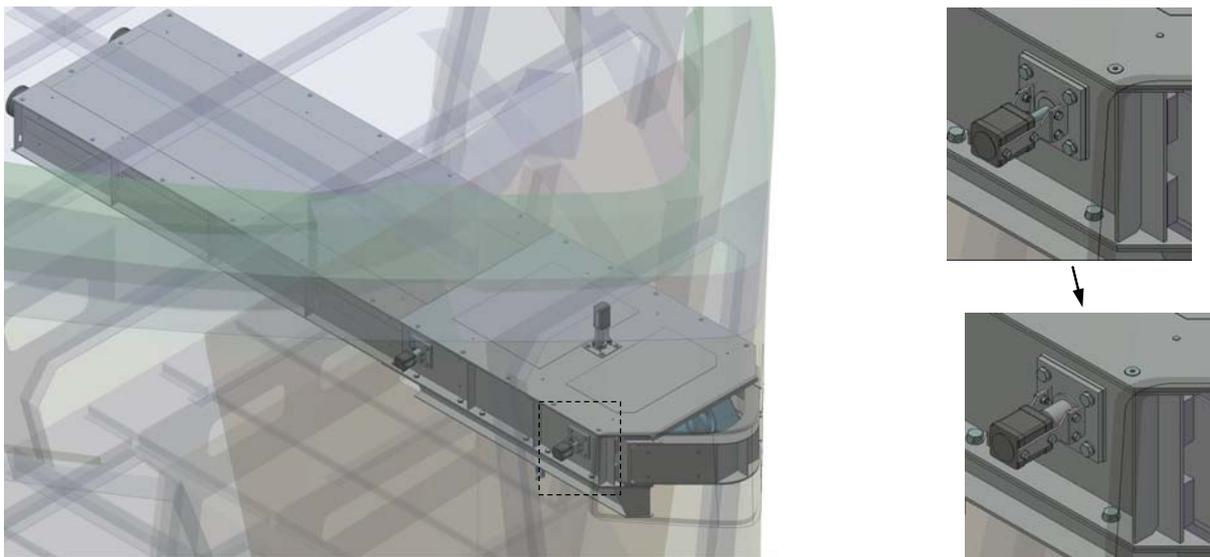


Abb. 5.80: Lade eingefahren – Ladensperre entsperren

## 5.6.2 Ausfahren der Lade

Ist die Ladensperre entsperrt, kann die Lade durch das Antriebssystem (s.Kap. 5.3.2) aus dem Tunnel ausgefahren werden. Die halb ausgefahrene Lade ist in Abb. 5.81 und Abb. 5.82 dargestellt, wobei die Lade um 1100 mm aus dem Tunnel ausgefahren ist.

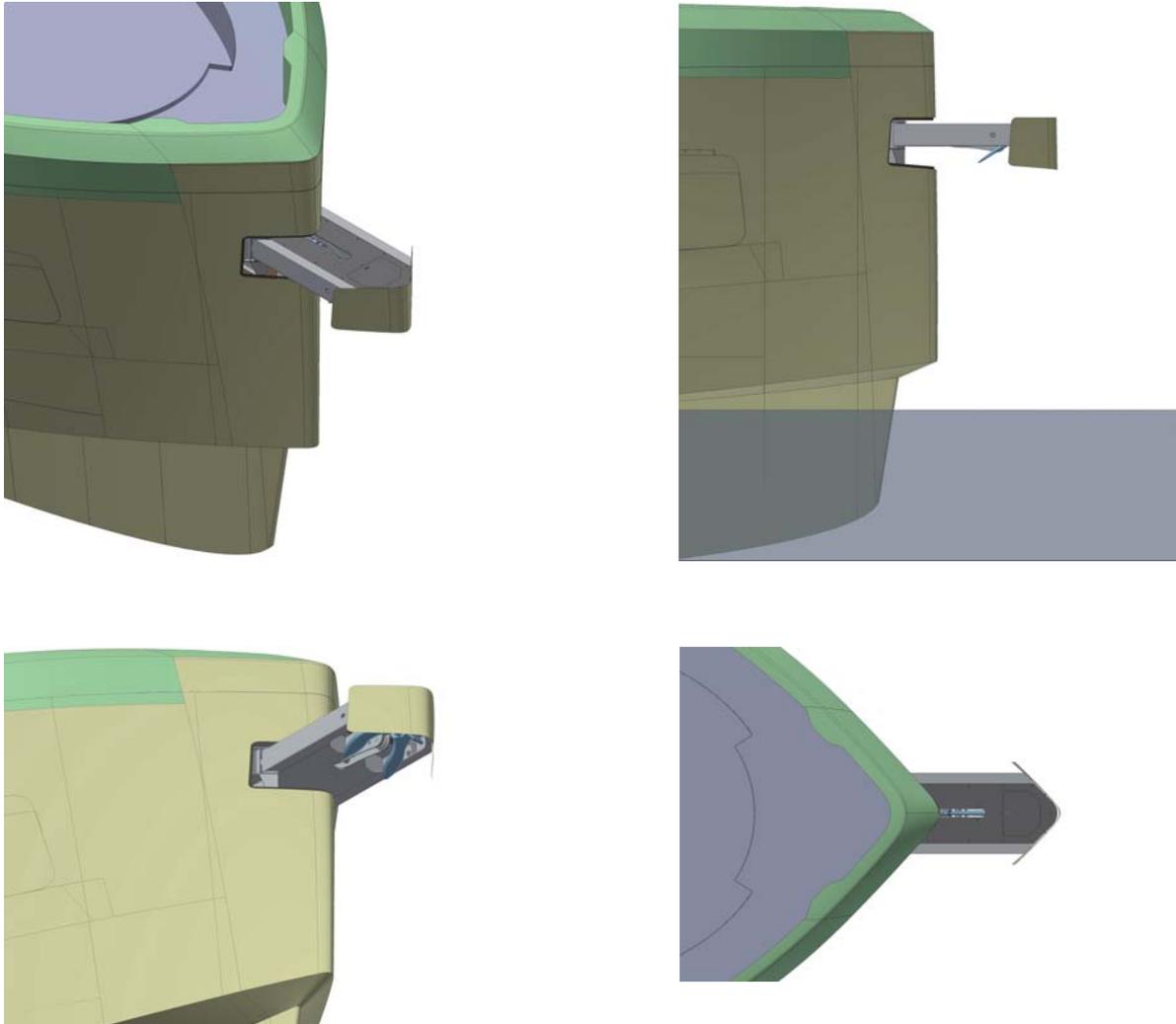


Abb. 5.81: Ausfahren der Lade

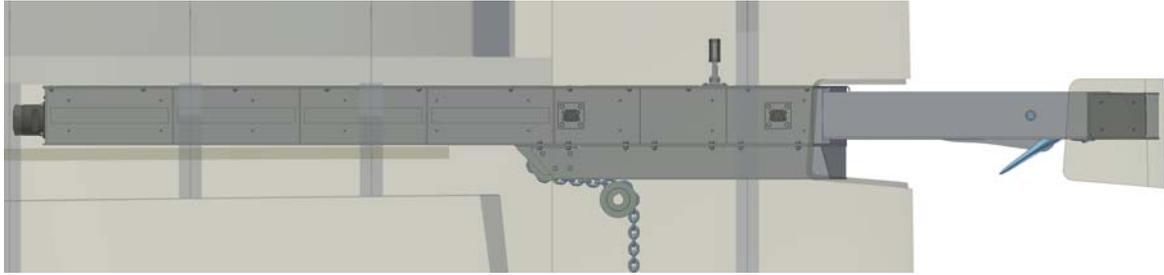


Abb. 5.82: Ausfahren der Lade

Im vorderen Teil der Lade ist der Anker positioniert, der sich beim Ausfahren der Lade aus dem Bug mitbewegt (s.Abb. 5.83). Dieses Bewegen des Ankers erfordert ein Nachgeben (Strecken) der Ankerkette, die dazu beim Ausfahren der Lade mittels der Ankerwinde unter leichtem Zug gehalten wird.

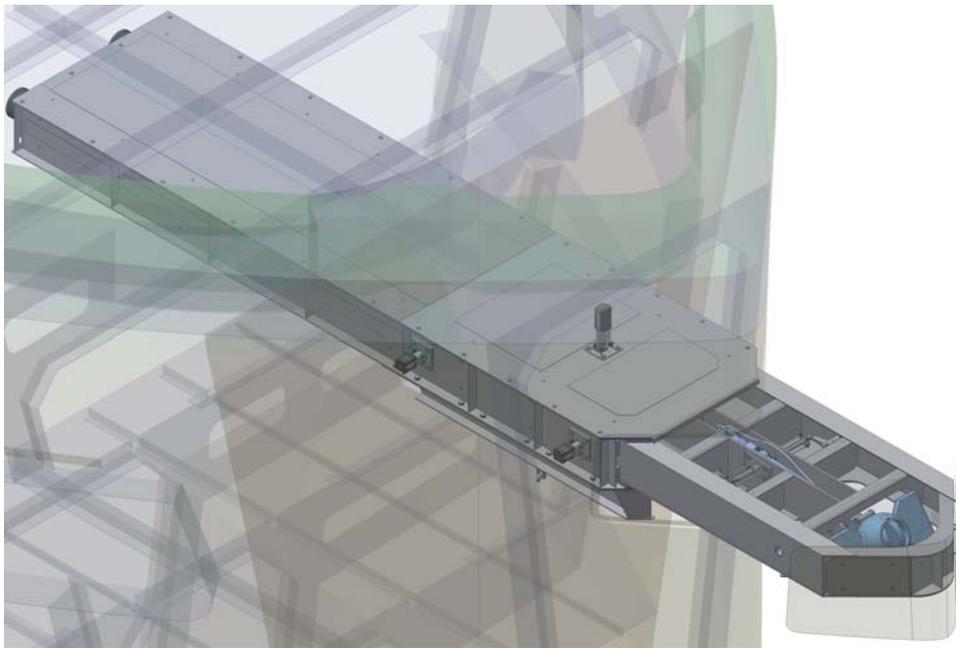


Abb. 5.83: Ausfahren der Lade

### 5.6.3 Lade ausgefahren – Ladensperre sperren, Wippensperre entsperren

Die vollständig ausgefahrene Lade ist in Abb. 5.84 und Abb. 5.85 dargestellt. Diese ist dabei um 2200 mm aus dem Tunnel beziehungsweise aus dem Bug ausgefahren.

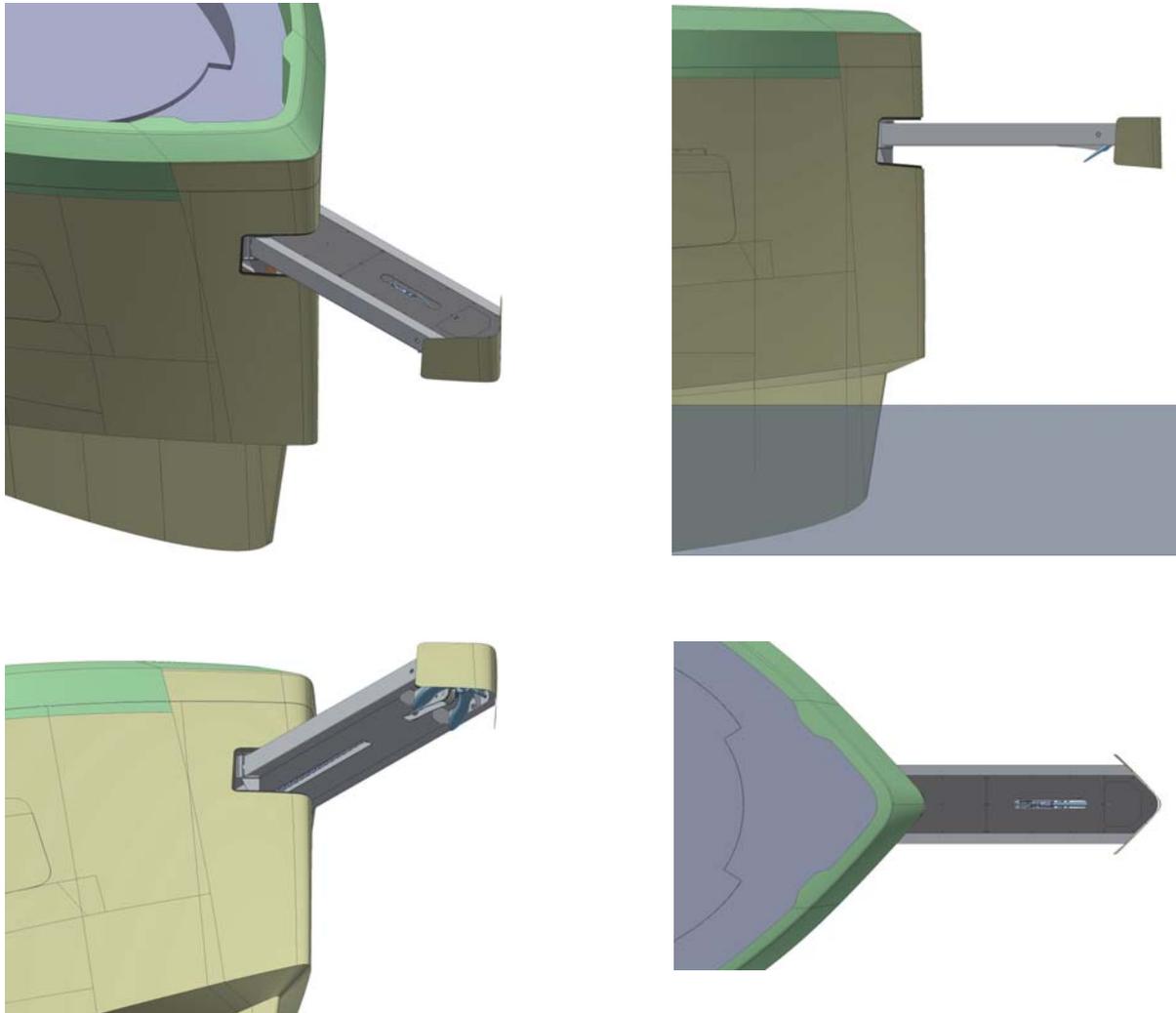


Abb. 5.84: Lade ausgefahren

Zum Fixieren der Lade in der ausgefahrenen Position werden die vier Sperrbolzen des Ladensperrsystems (Abb. 5.86 o.) in die Seitenwände der Lade geschoben (Abb. 5.86 u.) und damit das Ladensperrsystem gesperrt (s.Kap. 5.3.3).

Um den Anker nach dem Ausfahren der Lade absenken zu können, ist das Entsperren des Wippensperrsystems (s.Kap. 5.3.5) und damit das Öffnen der um den Ankerschaft geschlossenen Klauen (Abb. 5.87 r.o.) erforderlich. Dazu betätigt der am Tunneldeckel angebrachte Hydraulikzylinder (Abb. 5.87 l.) das Hebelsystem der Wippensperre, wodurch die beiden Klauen geöffnet werden (Abb. 5.87 r.u.) und der dadurch nicht mehr fixierte Anker in weiterer Folge abgesenkt werden kann.

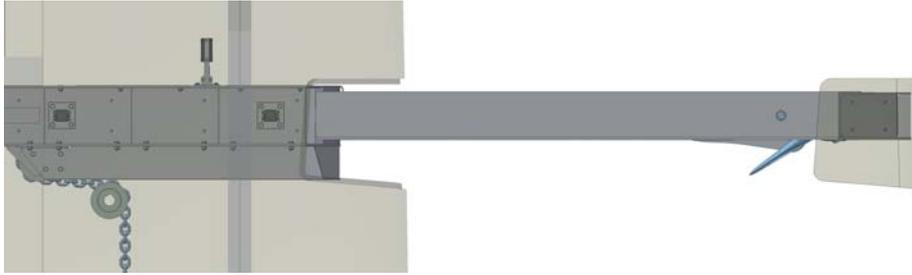


Abb. 5.85: Lade ausgefahren



Abb. 5.86: Lade ausgefahren – Ladensperre sperren

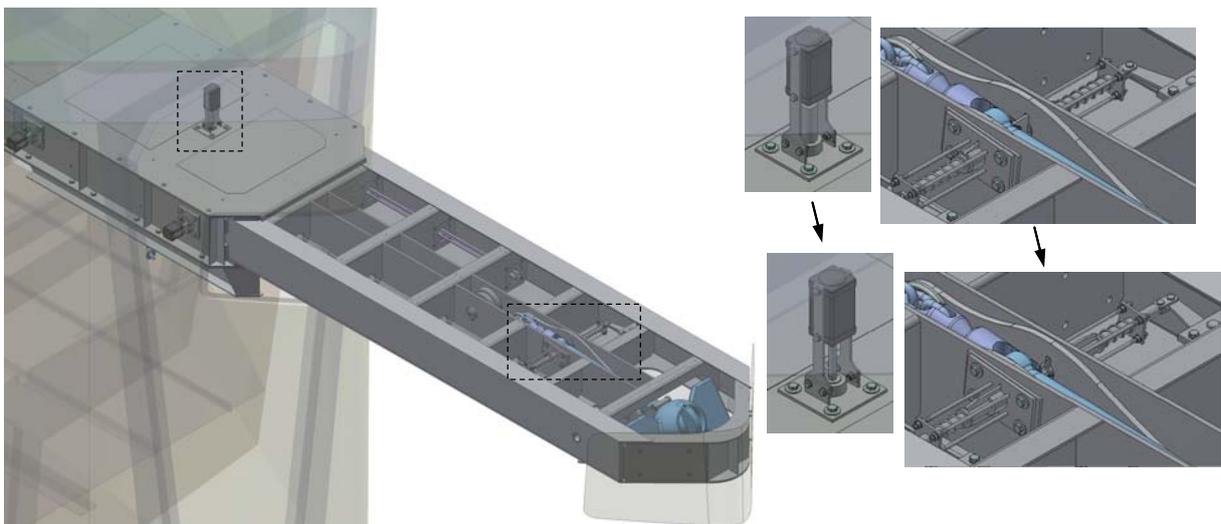


Abb. 5.87: Lade ausgefahren – Wippensperre entsperren

#### 5.6.4 Stecken der Ankerkette – Wippe neigt sich

Bei entsperrter Wippensperre kann der Anker durch Stecken der Ankerkette abgesenkt werden. Wie in Abb. 5.88 und Abb. 5.89 dargestellt, neigt sich dabei die Wippe mit dem darin befindlichen Anker (s.Kap. 5.3.4).

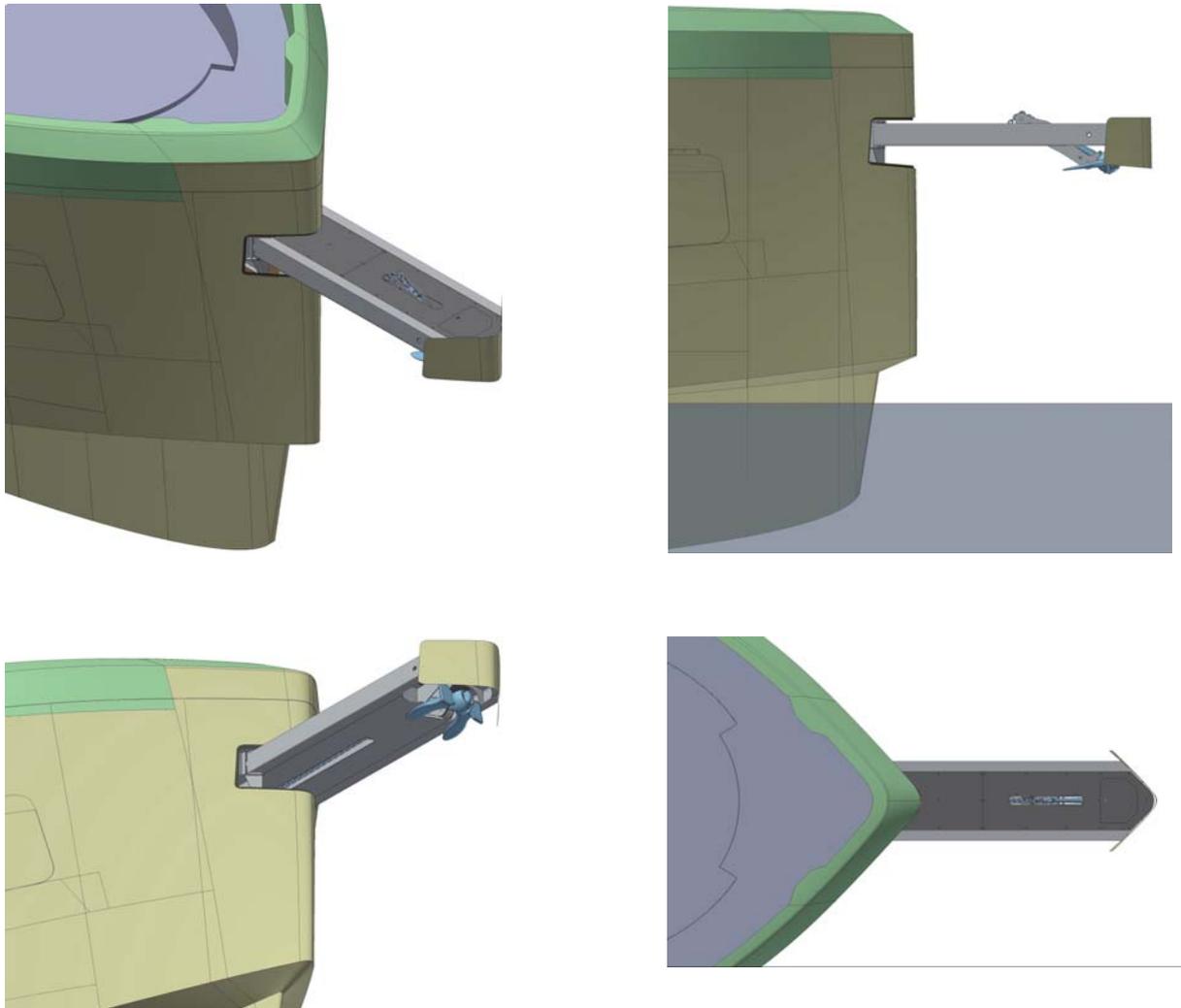


Abb. 5.88: Stecken der Ankerkette – Wippe neigt sich

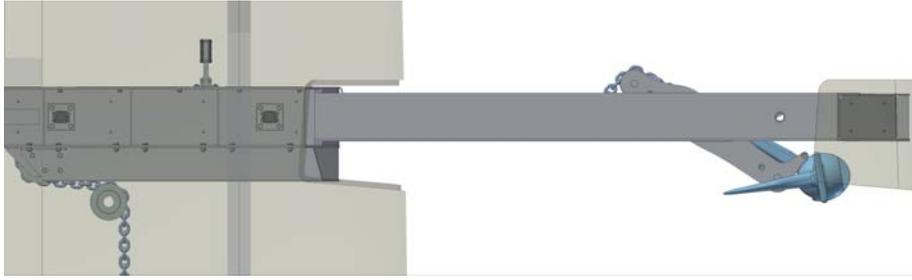


Abb. 5.89: Stecken der Ankerkette – Wippe neigt sich

Die Wippe mit dem Anker neigt sich durch den im vorderen Teil der Wippe, vor dem Drehgelenk befindlichen Schwerpunkt des Ankers, zu Beginn des Steckens der Ankerkette aus der ursprünglich flachen Lage. Abb. 5.90 zeigt die so geneigte Wippe mit dem darin befindlichen Anker im Detail.

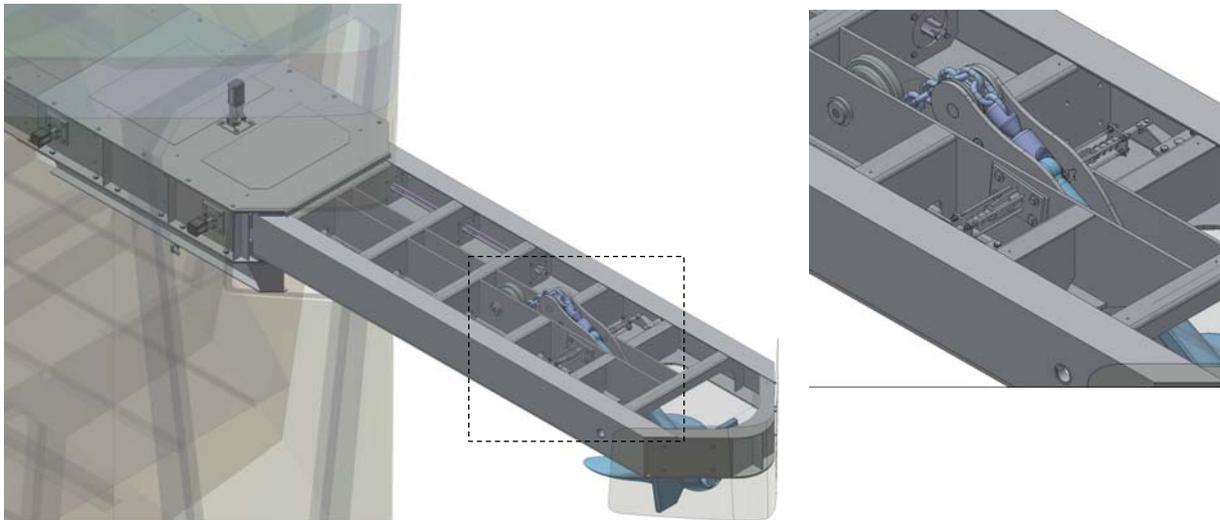


Abb. 5.90: Stecken der Ankerkette – Wippe neigt sich

### 5.6.5 Stecken der Ankerkette – Anker bewegt sich aus der Wippe

Wie in Abb. 5.91 und Abb. 5.92 gezeigt, wird der Anker durch weiteres Stecken der Ankerkette aus der geneigten Wippe herausbewegt.

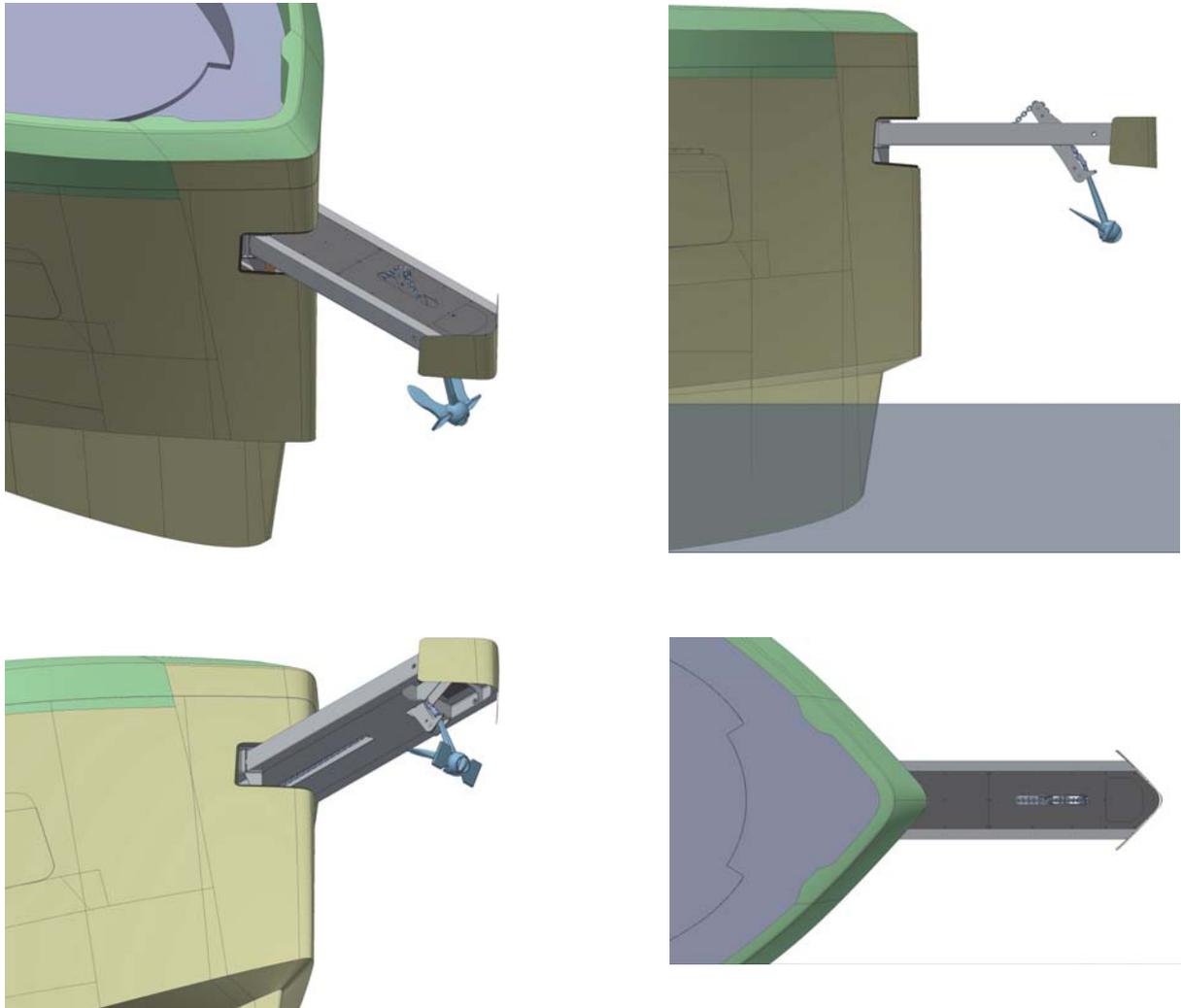


Abb. 5.91: Stecken der Ankerkette – Anker bewegt sich aus der Wippe

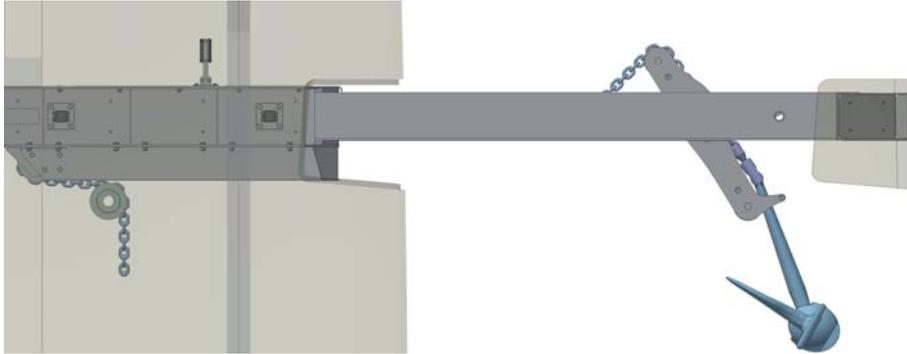


Abb. 5.92: Stecken der Ankerkette – Anker bewegt sich aus der Wippe

Während der Anker wie beschrieben aus der Wippe herausbewegt wird, kann sich diese in Abhängigkeit der relativen Lage des Ankerschwerpunkts weiter neigen, wie in Abb. 5.93 im Detail dargestellt.

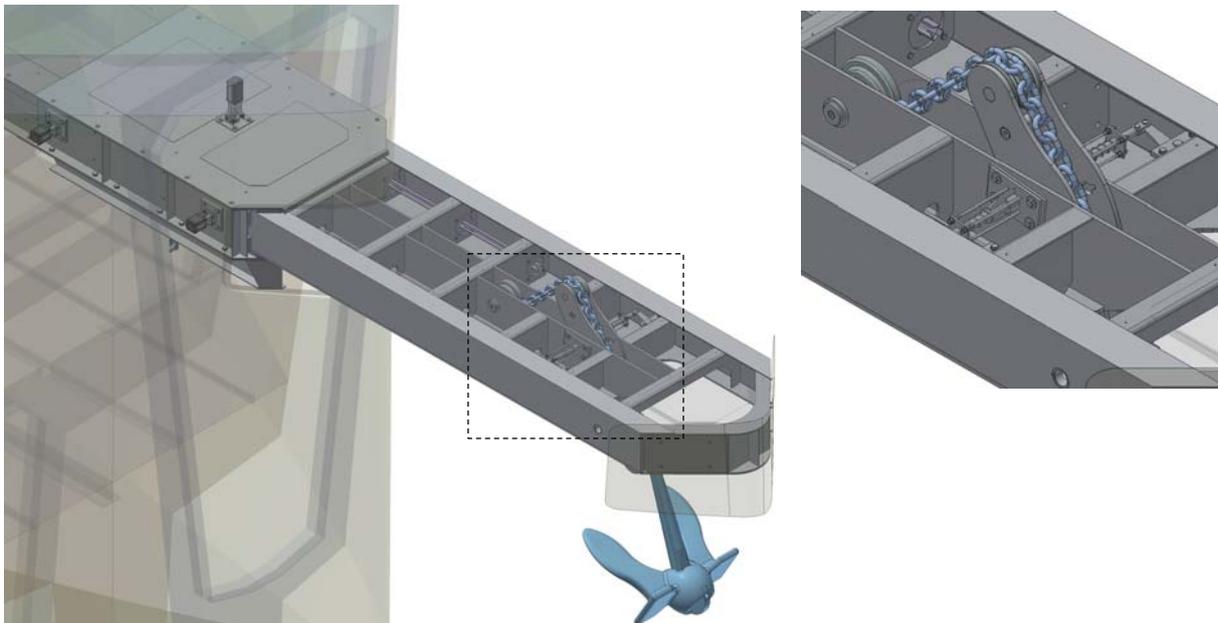


Abb. 5.93: Stecken der Ankerkette – Anker bewegt sich aus der Wippe

### 5.6.6 Stecken der Ankerkette – Anker wird abgesenkt

Ist der Anker aus der Wippe herausbewegt, wird er durch weiteres Stecken der Ankerkette ins Wasser abgesenkt, wie in Abb. 5.94 und Abb. 5.95 gezeigt. In den Abbildungen ist der erreichte Abstand des Ankers zur Bordwand sehr gut ersichtlich.

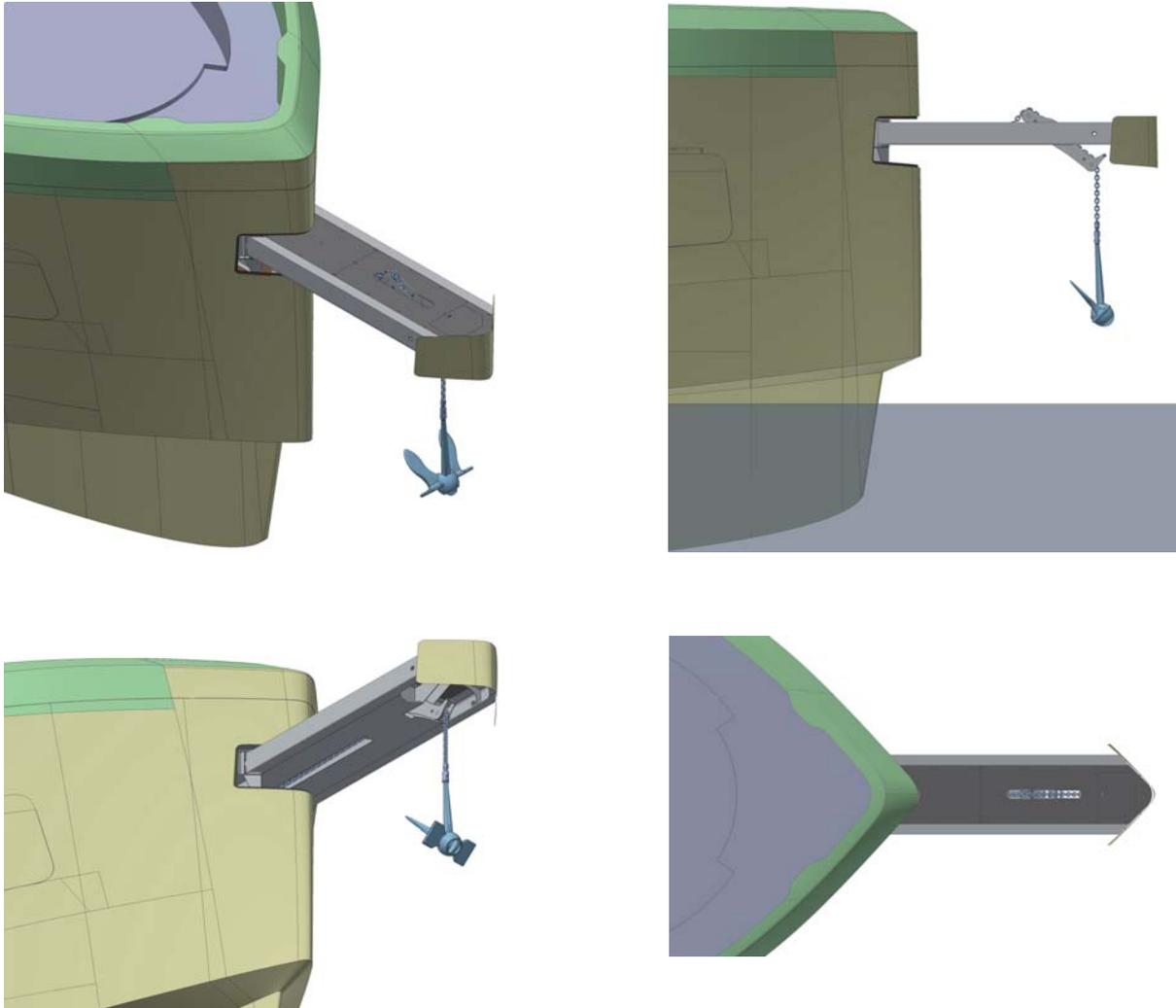


Abb. 5.94: Stecken der Ankerkette – Anker wird abgesenkt

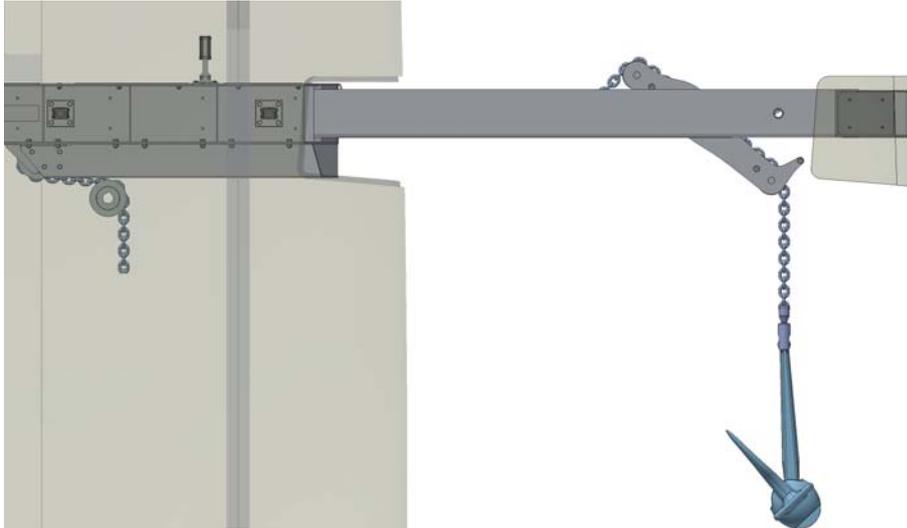


Abb. 5.95: Stecken der Ankerkette – Anker wird abgesenkt

Während des Absenkens des Ankers beträgt die Neigung der Wippe aus der ursprünglich flachen Lage ca.  $30^\circ$ , bedingt durch die ungefähr senkrecht aus der Wippe verlaufenden Ankerkette (s.Kap. 5.3.4, s.Abb. 5.36). Abb. 5.96 zeigt die geneigte Wippe während des Absenkens des Ankers im Detail.

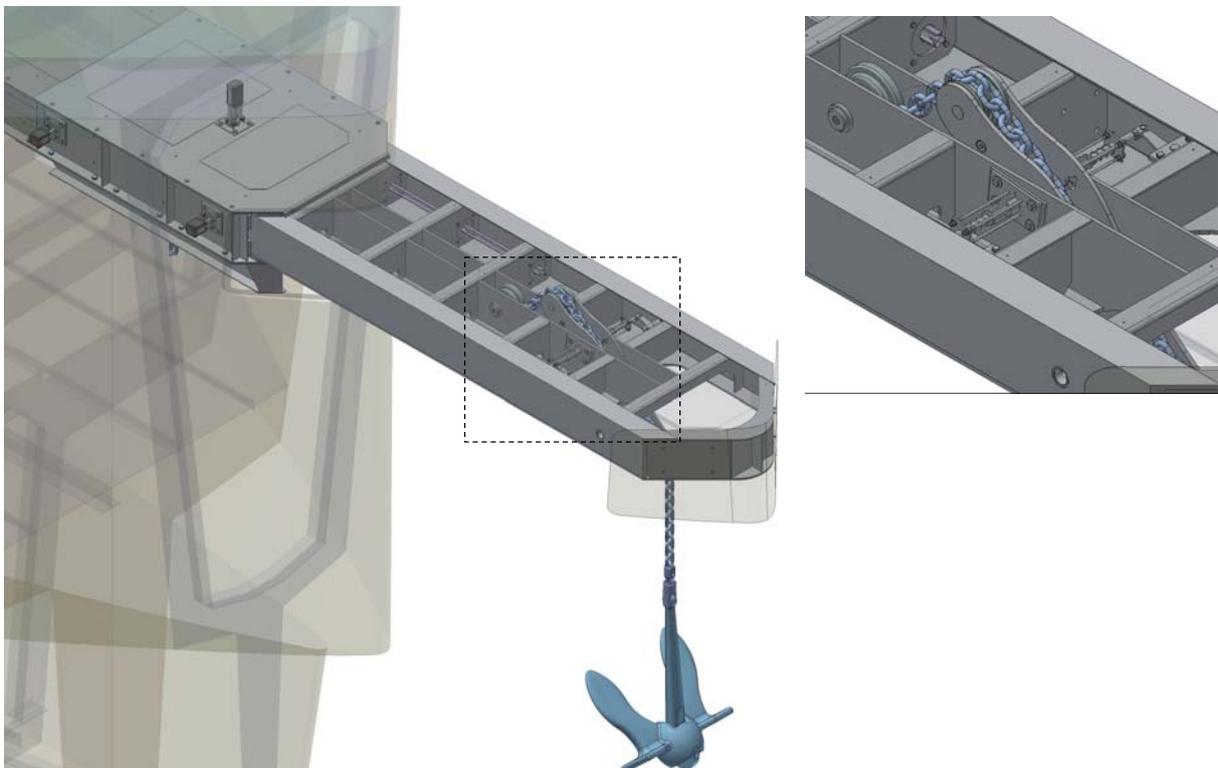


Abb. 5.96: Stecken der Ankerkette – Anker wird abgesenkt

### 5.6.7 Gesteckte Ankerkette

Abb. 5.97 und Abb. 5.98 zeigen das Ankersystem bei ins Wasser abgesenktem Anker. Der Vorgang des Ankerns ist abgeschlossen, wenn die Ankerkette in der geforderten Länge gesteckt wurde. Der Abstand in dem die Ankerkette während des Ankerns zur Bordwand gehalten wird, ist in den Abbildungen deutlich erkennbar.

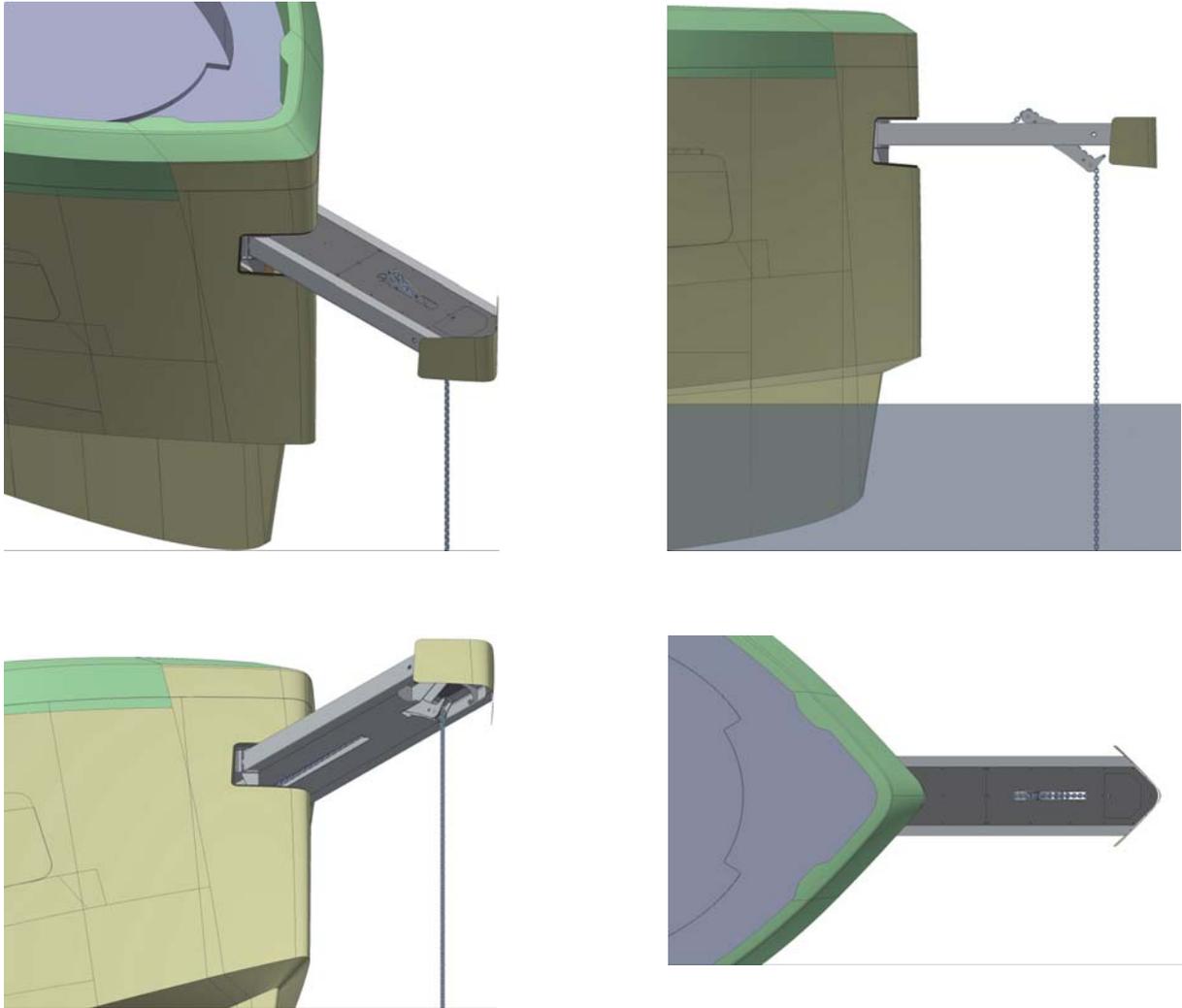


Abb. 5.97: Gesteckte Ankerkette

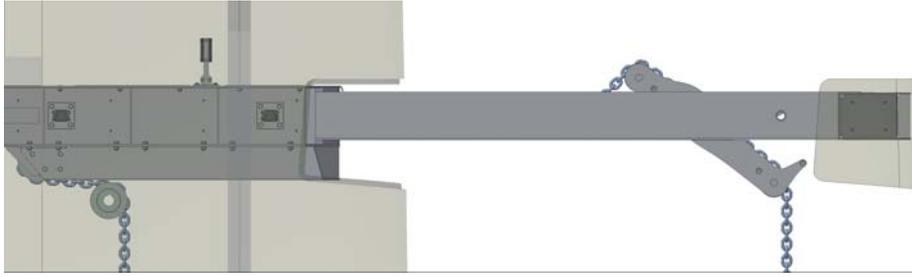


Abb. 5.98: Gesteckte Ankerkette

Während des Ankerliegens kann sich, bedingt durch Umgebungseinflüsse wie Seegang und Wind, die Neigung der Wippe in Abhängigkeit der Kettenzugrichtung ändern (s.Kap. 5.3.4, s.Abb. 5.36). Unter üblichen Bedingungen ist eine in geringem Winkel von vorne geneigte bis annähernd senkrechte Zugrichtung der Ankerkette anzunehmen.

Eine bei abgesenktem Anker annähernd senkrecht verlaufende Kette und die daraus resultierende Neigung der Wippe von ungefähr  $30^\circ$  aus der flachen Lage ist in Abb. 5.99 im Detail dargestellt.

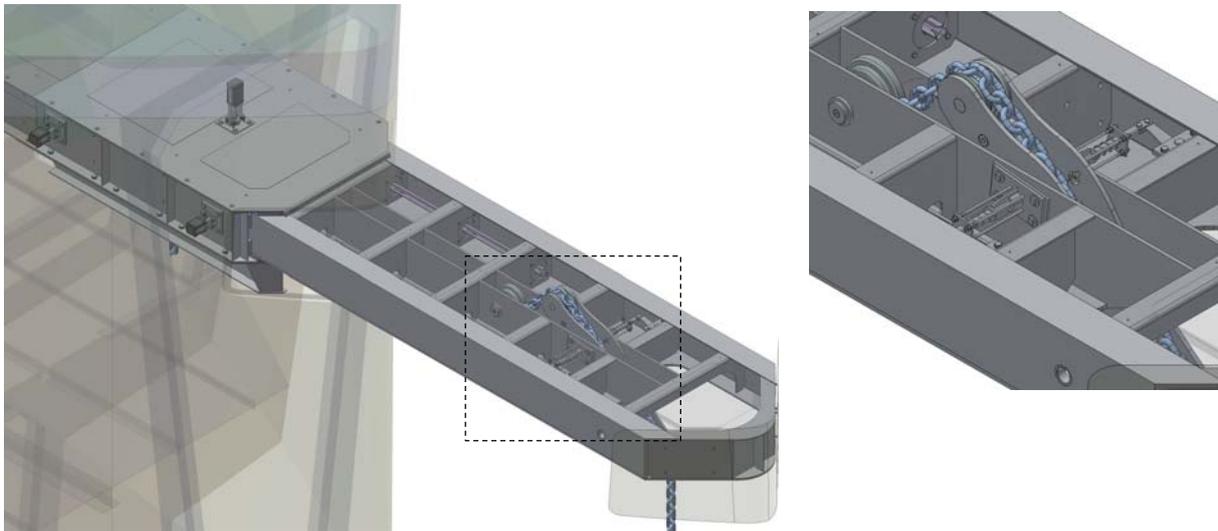


Abb. 5.99: Gesteckte Ankerkette

Wie einleitend beschrieben, verläuft das Lichten und Stauen des Ankers in umgekehrter Weise: Dazu wird der Anker zurück in die Wippe gehoben und die Lade wieder in den Bug eingefahren.

## 6 Resümee

Zusammenfassend wird die Entwicklung des Ankersystems sowie das entstandene Resultat in Form der Konstruktion der Ankerlade betrachtet und ein Ausblick über mögliche weiterfolgende Schritte, Maßnahmen oder Entwicklungen betreffend des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten Ankersystems gegeben.

### 6.1 Entwicklung des Ankersystems

Diese Arbeit behandelt die Entwicklung eines Ankersystems für Yachten mit geradem Steven.

#### **Anforderungen**

Die Hauptanforderungen an das Ankersystem umfassen die Vermeidung von Bordwandschäden durch Kontakt des Ankergeschirrs mit der Bordwand und die Aufwertung des Aussehens der Yacht bei gelichtetem Anker.

Die Vermeidung von Bordwandschäden erfordert eine auskragende Konstruktion zur Erhöhung des Abstands zwischen Ankergeschirr und Bug. Durch diesen erhöhten Abstand wird ein Kontakt des Ankers beziehungsweise der Ankerkette mit der Bordwand und somit eine Bordwandbeschädigung vermieden. Die Aufwertung des Aussehens der Yacht durch eine ankerfreie Gestaltung der Bordwand verlangt zudem einen Mechanismus zum Bewegen dieser auskragenden Konstruktion ins Innere des Rumpfes, um so die Komponenten des Ankersystems von außen nicht sichtbar zu verstauen.

#### **Konzeptentwicklung**

Nach einer grundlegenden Recherche über Yachten und speziell zu deren Ankersystemen wird in einer Konzeptentwicklung die Basis zur Erfüllung der gestellten Anforderungen erarbeitet. Für die anschließende konstruktive Ausarbeitung des Ankersystems dient dieses erstellte Basiskonzept als Grundlage.

Das konzipierte Ankersystem unter dem Titel „Ankerlade“ basiert auf dem Funktionsprinzip einer Schublade, wobei ein horizontal linear verfahrrender Arm, in dessen vorderem Bereich der Anker positioniert ist, durch eine Öffnung in der Bordwand bewegt wird. Beim Einfahren bewegt sich der Anker gemeinsam mit dem Arm in den Bug, wodurch die Komponenten des Ankersystems von außen nicht sichtbar im Inneren des Rumpfes verstaut werden. Dazu verschließt ein am vorderen Ende des Armes angebrachter Deckel die Bordwandöffnung. Durch

Ausfahren des Armes wird der Anker aus dem Bug heraus, in den geforderten erhöhten Abstand zur Bordwand gebracht und anschließend abgesenkt.

### **Konstruktion**

Anhand einer konkreten Bugform und geeignet für einen bestimmten Anker, wird bei der konstruktiven Umsetzung des Basiskonzepts die Ankerlade, bestehend aus drei Hauptbaugruppen konstruiert: dem Träger, dem Tunnel und der Lade. Die Lade entspricht dem bewegten Arm und wird linear im Tunnel geführt. Auf dem Träger, der das Anschlusselement zur Montage der Ankerlade darstellt, ist der Tunnel im Rumpf der Yacht befestigt.

Die Entwicklung des Ankersystems erfordert die detaillierte Ausarbeitung gewisser Systemkomponenten. Diese essenziellen Systemkomponenten werden für den Betrieb der Ankerlade benötigt und bilden beispielsweise das Antriebssystem zur Bewegung der Lade oder das System zum Halten des gehobenen Ankers. Auf eine funktionsgerechte sowie fertigungs- und montagegerechte Gestaltung sämtlicher Komponenten wird bei der Konstruktion der Ankerlade Wert gelegt.

Zur Darstellung der Belastungsverhältnisse der konstruierten Ankerlade wird eine einfache, überschlägige computerunterstützte Belastungsanalyse durchgeführt. Dazu wird ein geeigneter Belastungszustand der Ankerlade unter hohen, aber durchaus betriebsüblichen Bedingungen angenommen. Die Simulationsergebnisse der Belastungsanalyse werden zudem genutzt, um in einem iterativen Anpassungsprozess die Geometrie relevanter Komponenten der Konstruktion zu optimieren.

Der Ankervorgang lässt sich mithilfe der Konstruktion anschaulich erklären. Dazu wird anhand der konstruierten Ankerlade der Ablauf des Ankerns mit diesem entwickelten Ankersystem beschrieben: Zu Beginn wird das Ladensperrsystem, welches die ursprünglich in den Bug eingefahrene Lade im geschlossenen Zustand hält, entsperrt, wodurch die Lade mittels einem linearen Antriebssystem (Spindeltrieb) aus dem Bug ausgefahren werden kann. Ist die Lade vollständig ausgefahren, wird das Ladensperrsystem wieder gesperrt und die Lade dadurch im ausgefahrenen Zustand fixiert. Der Anker wird in einer Wippe im vorderen Bereich der Lade durch ein Wippensperrsystem festgehalten. Um den Anker absenken zu können, wird dieses Wippensperrsystem entsperrt und die Wippe kann sich mit dem darin befindlichen Anker neigen. Durch Stecken von Ankerkette wird der Anker im geforderten Abstand zur Bordwand aus der Wippe heraus abgesenkt. Das Einholen des Ankers und das anschließende Einfahren der Lade zurück in den Bug geschehen in umgekehrter Weise wie der eben beschriebene Vorgang.

### **Ergebnisse**

Die Ankerlade erfüllt die geforderten Anforderungen in bester Weise, da durch den ausfahrenden Arm der Abstand des Ankergeschirrs zur Bordwand erhöht wird und bei eingefahrener

Lade sämtliche Komponenten des Ankersystems nicht sichtbar im Inneren des Buges untergebracht sind.

Des Weiteren hat das entwickelte Ankersystem im Vergleich zu alternativen Möglichkeiten, wie ausklappende Arme, verhältnismäßig geringen Einfluss auf die Yachtkonstruktion, da keine Ausbrüche im Hauptdeck oder ähnliche Änderungen an der Yacht vorgenommen werden müssen. Zur Integration der Ankerlade in die Yacht ist seitens der Yachtkonstruktion lediglich eine vergleichsweise kleine Öffnung in der Bordwand vorzusehen, geeignete Anschlussstellen zur Befestigung der Ankerlade im Bug einzuplanen sowie eine gewisse Umgestaltung der Schottwand beziehungsweise der Kabine für den Platzbedarf des Ankersystems vorzunehmen.

Das entwickelte Ankersystem ist zudem so gestaltet, dass es als eigenständiges Modul in die Yacht eingebaut werden kann. Indem die drei Hauptbaugruppen nacheinander durch die Bordwandöffnung in den Rumpf der Yacht geschoben werden, wird ein Einbau in die ansonsten fertiggestellte Yacht ermöglicht. Des Weiteren kann durch die Modulbauweise der Zusammenbau der Ankerlade getrennt von der Yacht erfolgen.

## 6.2 Ausblick

Aufbauend auf das entwickelte Ankersystem sind weiterführende Entwicklungen möglich, wobei die konstruierte Ankerlade als Basissystem herangezogen werden kann. Auch Simulationen oder Versuche mittels Prototypen bieten weitere Entwicklungsmöglichkeiten.

### Weiterentwicklungen des Ankersystems

Durch die Änderung von Systemkomponenten kann die Konstruktion der Ankerlade angepasst beziehungsweise weiterentwickelt werden. Dabei können beispielsweise alternative Systeme für die Linearführung der Lade im Tunnel (wie etwa Profilschienen-Führungen) oder für den Antrieb zum Verfahren der Lade (wie etwa Hydraulikzylinder) verwendet werden. Einige alternative Ansätze wurden bereits im Rahmen der Konzeptentwicklung angedacht und analysiert. Durch gewisse konstruktive Maßnahmen könnte womöglich das System der Wippe so geändert werden, dass sich die Wippe nicht mehr aus der Oberseite der Lade heraus neigt, wodurch der erforderliche Ausbruch in der Deckverkleidung der Lade geschlossen werden könnte.

Durch die Anpassung der Ankerlade an eine konkrete Yacht könnten sich außerdem günstigere Platzverhältnisse im Bug ergeben: Bei einem verhältnismäßig großen Kettenkasten beziehungsweise einem großen Abstand zwischen Schottwand und Steven könnte anstelle der hinteren Kettenrolle zur 180°-Umlenkung der Ankerkette die Ankerwinde platziert werden, wodurch die 180°-Umlenkung der Ankerkette entfallen würde.

## **Prototypenbau und Simulation**

Mittels Simulationen der in der Yacht eingebauten Ankerlade könnte der erforderliche Abstand des Ankergeschirrs zur Bordwand ermittelt und auch das Verhalten des Ankersystems bei Seegang analysiert werden.

In zusätzlichen Belastungsanalysen der Ankerlade in verschiedenen Belastungszuständen könnten einzelne Komponenten des Ankersystems in ihrer Geometrie noch weiter optimiert werden.

Zur Erprobung des entwickelten Ankersystems empfiehlt sich jedenfalls die Anfertigung eines Prototyps oder auch eines maßstäblichen Modells der Ankerlade.

# Verzeichnisse

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 2.1: Segelyachttypen [2, S. 28, 18, S. 64f.].....	5
Abb. 2.2: <i>Azimut Atlantis 58</i> , Sportyacht in Gleitfahrt [4] .....	6
Abb. 2.3: <i>Bering 60</i> , Trawler beziehungsweise Explorer in Verdrängerfahrt [5].....	6
Abb. 2.4: Wellenantrieb (Schema) [18, S. 185].....	8
Abb. 2.5: Doppelwellenantrieb [41] .....	8
Abb. 2.6: Z-Antrieb (Schema) [18, S. 185] .....	9
Abb. 2.7: <i>Volvo Penta Aquamatic</i> , Doppel-Z-Antrieb [9, 39] .....	9
Abb. 2.8: Pod-Antrieb (Schema) [18, S. 185] .....	9
Abb. 2.9: <i>Volvo Penta IPS</i> , Pod- Antrieb [56, 57, S. 1] .....	9
Abb. 2.10: Waterjet-Antrieb (Schema) [18, S. 185].....	10
Abb. 2.11: <i>Rolls-Royce Waterjet Kamewa S3</i> , Waterjet-Antrieb [49, S. 4] .....	10
Abb. 2.12: <i>Quicksilver 855 Weekend</i> , Cabin Cruiser (9 m) [45] .....	11
Abb. 2.13: <i>Porto Montenegro</i> , Yachthafen mit typischen Yachten [1].....	11
Abb. 2.14: <i>O’Pati (Atalanta Golden Yachts)</i> , Superyacht (39,5 m) [3].....	12
Abb. 2.15: <i>Invictus (Delta Marine)</i> , Megayacht (66 m) [15, S. 6] .....	12
Abb. 2.16: <i>Octopus (Lürssen Yachts)</i> , Gigayacht (126 m) [7].....	13
Abb. 2.17: <i>Sunseeker 75 Yacht</i> , Übersicht [51] .....	16
Abb. 2.18: <i>Sunseeker 75 Yacht</i> , Profilübersicht [52] .....	16
Abb. 2.19: <i>Sunseeker 75 Yacht</i> , Profil- und Deckansichten [52].....	17
Abb. 2.20: Rumpf, Risse [18, S. 19] .....	19
Abb. 2.21: Maße am Rumpf [18, S. 31] .....	19
Abb. 2.22: Bugformen nach der Form des Vorstevens (Profilansicht; Schema) [i.A.a.18, S. 34, 23, i.A.a.42] .....	20
Abb. 2.23: Bugformvergleich und Wellenverhalten (Schema): Yachtstevens (li.) und Wavepiercer (r.) [10].....	21
Abb. 2.24: <i>Palmer Johnson SuperSport 72M</i> , Wavepiercer [42] .....	21
Abb. 2.25: Sand oder Ton; Anker fasst sehr gut [50, S. 26] .....	26
Abb. 2.26: Mit kleinen Steinen bedeckter Sand oder Ton; Anker fasst mäßig gut [50, S. 26] .....	26
Abb. 2.27: Lehm oder Schlick; Anker fasst, ist aber schwer wieder auszubrechen [50, S. 26] .....	26
Abb. 2.28: Verkrauteter Boden; Anker dringt nicht zum Grund durch und fasst nicht [50, S. 26].....	26
Abb. 2.29: Fels; Anker fasst nicht [50, S. 26].....	27
Abb. 2.30: Vor Anker liegende Yacht (Schema) .....	27
Abb. 2.31: Abheben der Ankerkette vom Grund bei Wind und Strömung (Schema) .....	28
Abb. 2.32: Änderung des Kettendurchhangs bei Bewegung der Yacht durch Seegang (Schema).....	28
Abb. 2.33: Zu kurz gesteckte, gänzlich vom Grund gehobene Ankerkette (Schema) .....	29
Abb. 2.34: Klarmachen zum Ankern (Schema).....	30
Abb. 2.35: Fallenlassen des Ankers .....	30
Abb. 2.36: Achteraus Laufen und Stecken der Ankerkette .....	30
Abb. 2.37: Festfahren des Ankers .....	30
Abb. 2.38: Ankerliegen.....	31
Abb. 2.39: Anker lichten.....	31

Abb. 2.40: Stockanker, Ankeraufbau [18, S. 92].....	32
Abb. 2.41: Ankersymbol, (li.) im Logo von DNV (vor dem Zusammenschluss zu DNV GL, Kap. 2.2.2.1) [16].....	32
Abb. 2.42: Auswahlhilfe für Delta-Anker, nach der Länge der Yacht [35, S. 42] .....	33
Abb. 2.43: Draggen drehbar zusammenklappbar (li.) und Schirmdraggen (r.) [18, S. 92].....	34
Abb. 2.44: Bügelanker [18, S. 92].....	34
Abb. 2.45: Pflugschar- oder CQR-Anker [18, S. 92] (li.) und Delta-Anker [i.A.a.35, S. 42] (r.).....	35
Abb. 2.46: Bruce- oder Claw-Anker [18, S. 92] .....	35
Abb. 2.47: Danforth-Anker, D'Hone-Anker und Hall-Anker (v.l.n.r.) [18, S. 92] .....	36
Abb. 2.48: Seahawk zerlegt in Einzelteile [30].....	37
Abb. 2.49: Zusammenbau des Seahawk [29].....	37
Abb. 2.50: Seahawk [29].....	37
Abb. 2.51: Kugelgelenk des Seahawk – Einzelteile, Querschnitt und Teilschnitt (v.l.n.r.) [30] .....	38
Abb. 2.52: Design und Form des Seahawk [29].....	38
Abb. 2.53: Fertigung des Seahawk [32] .....	38
Abb. 2.54: Serienanker vom Typ Seahawk, Größenvergleich und erreichbare Haltekraft [33] .....	39
Abb. 2.55: Feldtest des Seahawk: Schottergrund an Land (li.) und sandiger Ankergrund unter Wasser (r.) [29]...	39
Abb. 2.56: Seahawk in Bugrolle [22] .....	40
Abb. 2.57: Ankergeschirr und zugehörige Komponenten [18, S. 95].....	40
Abb. 2.58: Rundstahlkette als Ankerkette [58, S. 10] .....	41
Abb. 2.59: Kettenglieder, Rundstahlkette (li.) und Ankerstegkette (r.) [18, S. 95].....	41
Abb. 2.60: Ankerkette in passendem Taschenrad [34, S. 3] .....	41
Abb. 2.61: Wirbelschäkel [18, S. 95] .....	41
Abb. 2.62: <i>WASI Power Ball</i> , Wirbelschäkel (li.) und montiert an einem Bügelanker (r.) [58, S. 1,104].....	42
Abb. 2.63: Ankerwinde, Aufbau [18, S. 96] .....	42
Abb. 2.64: Ankerwinden, <i>Lofrans: Horizontal Kobra, Horizontal Falkon, Vertical Project 1000</i> (v.l.n.r.) [38].....	43
Abb. 2.65: <i>Indian Empress (Oceanco)</i> , Spülen der Ankerklüse (s.Kap. 2.4.5.2) [14].....	44
Abb. 2.66: Bugrolle [18, S. 95] .....	45
Abb. 2.67: Bugrolle mit einfacher Kettenrolle (li.) und Bugrolle mit zwei Kettenrollen auf Wippe (r.) [55, S. 17].	46
Abb. 2.68: <i>59' Ferretti</i> , mit Bruce-Anker in der Bugrolle (o.) und beim Ankerliegen (u.) [59] .....	46
Abb. 2.69: <i>CRN 133 Saramour</i> , seitliche Ankertaschen mit gelichteten Ankern [13].....	47
Abb. 2.70: <i>Sanlorenzo SL100 New</i> mit abdeckbaren Ankertaschen [54].....	48
Abb. 2.71: <i>Sanlorenzo SL100 New</i> mit abdeckbaren Ankertaschen, geschlossen (li.) und geöffnet (r.) [53] .....	49
Abb. 2.72: Ausklappender Arm, Funktionsprinzip [6].....	49
Abb. 2.73: Ausklappender Arm mit Delta-Anker, konzipiert für größere Segelyachten mit Klippersteven [12] .....	50
Abb. 2.74: Ausklappender Arm, beispielsweise für Pflugscharanker [60].....	50
Abb. 2.75: <i>Palmer Johnson SuperSport</i> , Unter-Wasser-Ankersystem [43].....	51
Abb. 3.1: Bordwandschäden durch Kontakt des Ankers mit der Bordwand .....	52
Abb. 3.2: Bordwandschäden durch Kontakt der Ankerkette mit der Bordwand.....	52
Abb. 3.3: Anker im Abstand zur Bordwand fallen lassen .....	53
Abb. 3.4: Ankerkette im Abstand zur Bordwand halten.....	53
Abb. 3.5: Anker verstaubt im Rumpf und Anker durch einen Mechanismus vom Bug weg bewegt .....	54
Abb. 3.6: Positionierung des Ankers am Bug.....	57
Abb. 3.7: Yachtaufbau im Vorderschiff .....	57
Abb. 3.8: Vorgegebene Bugform, isometrische Ansichten von vorne (li.) und hinten (r.) .....	58
Abb. 3.9: Vorgegebene Bugform, isometrische Schnittansichten (Mittschiffsebene) von vorne (li.) und hinten (r.)	58
Abb. 3.10: Vorderansicht (li.) Profilansicht (r.) und Grundansicht (u.) der vorgegebenen Bugform .....	59

Abb. 3.11: <i>E 54 SUY</i> Profilansicht [20].....	60
Abb. 3.12: <i>E 54 SUY</i> Deckansichten [20, 21] .....	60
Abb. 3.13: <i>E 54 SUY</i> Bug [20] .....	61
Abb. 3.14: Seahawk mit <i>WASI Power Ball</i> Wirbelschäkel und Ankerkette .....	61
Abb. 3.15: Hauptabmessungen des Seahawk 85 kg .....	62
Abb. 4.1: Funktionsprinzip des über Deck ausklappenden Armes.....	64
Abb. 4.2: Funktionsprinzip des aus dem Bug ausklappenden Armes .....	65
Abb. 4.3: Funktionsprinzip des aus dem Bug ausklappenden Armes, weitere Variante .....	66
Abb. 4.4: Funktionsprinzip der linear ausfahrenden Ankerlade ohne Durchdringung der Schottwand .....	67
Abb. 4.5: Funktionsprinzip der linear ausfahrenden Ankerlade mit Durchdringung der Schottwand .....	67
Abb. 4.6: Funktionsprinzip der linear ausfahrenden Ankerlade als Teleskoparm.....	68
Abb. 4.7: Einbauposition der Ankerlade .....	69
Abb. 4.8: Verhältnis des Abstands von der Bordwand zur Höhe des Armes über der Wasserlinie .....	70
Abb. 4.9: Querschnitt der Ankerlade, Gleitbahnen zur Führung der Lade im Tunnel.....	71
Abb. 4.10: Prinzip zweier seitlich positionierter Antriebseinheiten .....	72
Abb. 4.11: Prinzip der Ladensperre mit vier in die Lade geschobenen Sperrbolzen .....	73
Abb. 4.12: Erreichbare Mindesthöhe durch Neigen des Ankers.....	74
Abb. 4.13: Schematischer Mechanismus zum Anlegen der Flunken .....	74
Abb. 4.14: Schema der Klaue zum Festhalten des Ankerschafts (Wippensperre) .....	74
Abb. 4.15: Kettenverlauf über die Kettenrolle in der Lade .....	75
Abb. 4.16: Kettenverlauf direkt über das Taschenrad der Ankerwinde .....	76
Abb. 4.17: Kettenverlauf mit vom Taschenrad abgehobener Kette bei eingefahrener Lade .....	76
Abb. 4.18: Kettenverlauf mit 180°-Umlenkung durch zusätzliche Kettenrolle im Tunnel.....	76
Abb. 5.1: Im Bug eingebaute Ankerlade mit eingefahrener Lade.....	80
Abb. 5.2: Im Bug eingebaute Ankerlade mit eingefahrener Lade, transparente Darstellung.....	80
Abb. 5.3: Im Bug eingebaute Ankerlade mit ausgefahrener Lade .....	80
Abb. 5.4: Im Bug eingebaute Ankerlade mit ausgefahrener Lade, transparente Darstellung .....	81
Abb. 5.5: Ankerlade mit aus- (li.) und eingefahrener (r.) Lade (Ansicht von vorne) .....	81
Abb. 5.6: Ankerlade mit aus- (li.) und eingefahrener (r.) Lade (Ansicht von hinten) .....	82
Abb. 5.7: Ankerlade mit ausgefahrener Lade (Vorder-, Seiten- und Grundansicht).....	82
Abb. 5.8: Ankerlade mit eingefahrener Lade (Vorder-, Seiten- und Grundansicht) .....	82
Abb. 5.9: Position des Trägers in der Ankerlade .....	83
Abb. 5.10: Hauptbaugruppe Träger .....	83
Abb. 5.11: Einzelteile des Trägers.....	84
Abb. 5.12: Position des Tunnels in der Ankerlade .....	84
Abb. 5.13: Hauptbaugruppe Tunnel mit (li.) und ohne (r.) Tunneldeckel .....	84
Abb. 5.14: Tunneldeckel .....	85
Abb. 5.15: Tunnel-Schweißbaugruppe.....	85
Abb. 5.16: Position der Lade in der Ankerlade.....	86
Abb. 5.17: Hauptbaugruppe Lade in verschiedenen Ansichten .....	86
Abb. 5.18: Laden-Schweißbaugruppe (Voll- und Schnittansicht von vorne) .....	87
Abb. 5.19: Laden-Schweißbaugruppe (Voll- und Schnittansicht von hinten) .....	87
Abb. 5.20: Position der Gleitbahnen der Linearführung in der Ankerlade.....	88
Abb. 5.21: Eine der acht Gleitbahnen.....	88
Abb. 5.22: Linearführungssystem; Gleitbahnen im Tunnel und Gleitflächen der Lade (Ansichten von vorne).....	89
Abb. 5.23: Linearführungssystem der Ankerlade im Schnitt .....	89

Abb. 5.24: Position der beiden Spindeltriebe in der Ankerlade bei aus- (li.) und eingefahrener (r.) Lade .....	90
Abb. 5.25: Komponenten eines Spindeltriebs: Spindel mit Motor, Spindelmutter, Spindelführung (v.l.n.r.) .....	90
Abb. 5.26: Spindeltriebe als Antriebssystem bei ausgefahrener Lade in Schnittansicht der Ankerlade .....	91
Abb. 5.27: Spindeltriebe als Antriebssystem bei eingefahrener Lade in Schnittansicht der Ankerlade.....	91
Abb. 5.28: Position der vier Sperrbolzen des Ladensperrsystems in der Ankerlade .....	92
Abb. 5.29: Verschiebung der Sperrbolzen in der Sperrbolzenkonsole .....	93
Abb. 5.30: Am Tunnel montierte Sperrbolzen und die zugehörigen Bohrungen in der Seitenwand der Lade .....	93
Abb. 5.31: Funktion des Ladensperrsystems; Verschieben der Sperrbolzen in Bohrungen der Ladenseitenwand....	94
Abb. 5.32: Entsperrte (li.) und gesperrte (r.) Sperrbolzen (Vorderansicht im Schnitt nach Abb. 5.31).....	94
Abb. 5.33: Position der Wippe mit Anker in der Ankerlade .....	94
Abb. 5.34: Wippe mit Anker in gehobener Endlage.....	95
Abb. 5.35: In der Lade gelenkige Wippe und Neigung der Wippe beim Absenken des Ankers im Schnitt .....	95
Abb. 5.36: Neigung der Wippe in Abhängigkeit der Kettenzugrichtung .....	96
Abb. 5.37: Position der Wippensperre in der Ankerlade bei ausgefahrener Lade .....	96
Abb. 5.38: Klauen im geschlossenen Grundzustand (o.) und geöffnet (u.).....	97
Abb. 5.39: Hebelmechanismus der Wippensperre.....	97
Abb. 5.40: Hydraulikzylinder mit Bolzen zum Betätigen des Hebelmechanismus .....	98
Abb. 5.41: Gesperrte Wippensperre mit geschlossenen Klauen .....	98
Abb. 5.42: Entsperrte Wippensperre mit geöffneten Klauen.....	99
Abb. 5.43: In der Ankerlade eingebaute, gesperrte Wippensperre (Klauen um den Ankerschaft geschlossen) .....	100
Abb. 5.44: In der Ankerlade eingebaute, entsperrte Wippensperre (Klauen geöffnet) .....	100
Abb. 5.45: Um den Ankerschaft geschlossene Klauen .....	101
Abb. 5.46: Geöffnete Klauen.....	101
Abb. 5.47: Geöffnete Klauen und geneigte Wippe .....	101
Abb. 5.48: Hebel I und Bolzen des Wippensperrsystems beim Ausfahren der Lade (verbinden und betätigen)....	102
Abb. 5.49: Kettenverlauf durch die Ankerlade bei ausgefahrener Lade.....	103
Abb. 5.50: Verlauf der Ankerkette im Kettenkasten (li.) und in der ausgefahrenen Lade (r.) .....	103
Abb. 5.51: Kettenrolle im Bereich der Schottwand und Abstand der Ankerkette zur Bordwand .....	104
Abb. 5.52: Kettenverlauf durch die Ankerlade in verschiedenen Zuständen (Schnittansicht) .....	104
Abb. 5.53: Bordwandöffnung und Bordwanddeckel .....	105
Abb. 5.54: Position der Deckverkleidung an der ausgefahrenen Lade .....	106
Abb. 5.55: Ausbruch für die Neigung der Wippe in der Deckverkleidung.....	106
Abb. 5.56: Abdeckklappe in der Deckverkleidung (Ansicht von hinten).....	107
Abb. 5.57: Ausgefahrene Lade mit gehobenem (li.) und abgesenktem (r.) Anker (Ansicht von unten) .....	107
Abb. 5.58: Durchdringung der Schottwand durch die Ankerlade.....	108
Abb. 5.59: Schottwandausbruch (li.), Einbauhöhe der Ankerlade an der Kabinendecke (r.) (Schnittansichten) ..	108
Abb. 5.60: Position des Taschenrads der Ankerwinde im Bug.....	109
Abb. 5.61: Taschenrad und 180°-Umlenkung bei aus- (o.) und eingefahrener (u.) Lade (Schchnittansicht).....	110
Abb. 5.62: Düse zur Spülung der Ankerkette.....	110
Abb. 5. 63: Zusätzlich Düsen zur Spülung des Ankers.....	111
Abb. 5.64: Luken am Hauptdeck zur Zugänglichkeit der Ankerlade.....	111
Abb. 5.65: Belastungszustand mit senkrechtem Kettenzug (Ausbrechversuch; schwer auszubrechender Anker) ..	113
Abb. 5.66: Belastung der Ankerlade bei senkrechtem Kettenzug an der Ankerkette .....	114
Abb. 5.67: Vereinfachte Konstruktion der Ankerlade als Modell für die Belastungsanalyse .....	115
Abb. 5.68: Ermittlung der Kräfte am Kettenverlauf (in Prozent der Kettenzugkraft) .....	117
Abb. 5.69: Kräfte auf die Ankerlade als Reaktionskräfte des Kettenverlaufs (in Prozent der Kettenzugkraft)....	117

Abb. 5.70: Kräfte am Modell der Ankerlade (in Prozent der Kettenzugkraft, festgelegt mit 35 kN) .....	117
Abb. 5.71: Vernetztes Modell der Ankerlade .....	118
Abb. 5.72: Farbreste des Sicherheitsfaktors.....	119
Abb. 5.73: Gesamte Ankerlade; Sicherheitsfaktor .....	120
Abb. 5.74: Lade; Sicherheitsfaktor .....	121
Abb. 5.75: Wippe; Sicherheitsfaktor .....	121
Abb. 5.76: Tunnel (vereinfacht und gekürzt); Sicherheitsfaktor .....	122
Abb. 5.77: Träger; Sicherheitsfaktor .....	122
Abb. 5.78: Lade eingefahren .....	124
Abb. 5.79: Lade eingefahren .....	125
Abb. 5.80: Lade eingefahren – Ladensperre entsperren .....	125
Abb. 5.81: Ausfahren der Lade .....	126
Abb. 5.82: Ausfahren der Lade .....	127
Abb. 5.83: Ausfahren der Lade .....	127
Abb. 5.84: Lade ausgefahren .....	128
Abb. 5.85: Lade ausgefahren .....	129
Abb. 5.86: Lade ausgefahren – Ladensperre sperren .....	129
Abb. 5.87: Lade ausgefahren – Wippensperre entsperren.....	129
Abb. 5.88: Stecken der Ankerkette – Wippe neigt sich.....	130
Abb. 5.89: Stecken der Ankerkette – Wippe neigt sich.....	131
Abb. 5.90: Stecken der Ankerkette – Wippe neigt sich.....	131
Abb. 5.91: Stecken der Ankerkette – Anker bewegt sich aus der Wippe .....	132
Abb. 5.92: Stecken der Ankerkette – Anker bewegt sich aus der Wippe .....	133
Abb. 5.93: Stecken der Ankerkette – Anker bewegt sich aus der Wippe .....	133
Abb. 5.94: Stecken der Ankerkette – Anker wird abgesenkt .....	134
Abb. 5.95: Stecken der Ankerkette – Anker wird abgesenkt .....	135
Abb. 5.96: Stecken der Ankerkette – Anker wird abgesenkt .....	135
Abb. 5.97: Gesteckte Ankerkette .....	136
Abb. 5.98: Gesteckte Ankerkette .....	137
Abb. 5.99: Gesteckte Ankerkette .....	137

## Quellenverzeichnis

- [1] ADRIATIC MARINAS D.O.O. *Book a berth* [online]. *Porto Montenegro* [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.portomontenegro.com/de/marina/book-a-berth>
- [2] ANGERMAYR, E. *Das Praxiswissen für den Skipper*. 6., überarb. Aufl. Bielefeld: Delius Klasing, 2013. ISBN 978-3-7688-1598-7.
- [3] ATALANTA GOLDEN YACHTS. *Atalanta Golden Yachts - O'Pati* [online] [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.atalantagoldenyachts.com/charter/yachts-for-charter/charter-motor-yachts/66-opati>
- [4] AZIMUT BENETTI S.P.A. *Azimut Atlantis 58* [online]. *Luxury yacht sales*. Azimut Yachts official [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.azimutyachts.com/azimutatlantis58.html>
- [5] BERING YACHTS. *Bering 60 Expedition Yachts* [online]. Bering Yachts [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.beringyachts.com/model/bering-60>

- [6] BOAT DESIGN NET. *Anchor stowing system with lateral movement* [online]. Boat Design Forums, 10.4.2006 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.boatdesign.net/forums/sailboats/anchor-stowing-system-lateral-movement-11198.html>
- [7] BOAT INTERNATIONAL MEDIA LTD. *Octopus yacht* [online]. Boat International [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.boatinternational.com/yachts/the-superyacht-directory/octopus--60579>
- [8] BOAT INTERNATIONAL MEDIA LTD. *World Superyacht Awards* [online]. Boat International [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.boatinternational.com/luxury-yacht-events/world-superyacht-awards>
- [9] BOATTEST.COM LLC. *Volvo Penta Sterndrive Joystick Control System 2014 Engine Test* [online]. *Reviews Videos, Specs, Fast Facts, Captain reports*. BoatTEST.com [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: [http://www.boattest.com/engine-review/Volvo-Penta/440022\\_Sterndrive-Joystick](http://www.boattest.com/engine-review/Volvo-Penta/440022_Sterndrive-Joystick)
- [10] BOLLE, L. *Setzt sich der negative Steven durch?* [online]. *Konstruktion*. Service - Heft-Info, 16.10.2012 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: [http://www.yacht.de/service/heft\\_info/setzt-sich-der-negative-steven-durch/a75101.html](http://www.yacht.de/service/heft_info/setzt-sich-der-negative-steven-durch/a75101.html)
- [11] BUNDESVERBAND WASSERSPORTWIRTSCHAFT. *Super, mega, giga yachts* [online]. boot [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: [http://www.boot.de/cipp/md\\_boot/custom/pub/content,oid,11809/lang,2/ticket,g\\_u\\_e\\_s\\_t/~Super\\_mega\\_giga\\_yachts.html](http://www.boot.de/cipp/md_boot/custom/pub/content,oid,11809/lang,2/ticket,g_u_e_s_t/~Super_mega_giga_yachts.html)
- [12] C-DESIGNS LTD. *C-Designs* [online]. *Performance Yacht Systems* [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://c-designs.co.uk/>
- [13] CHARTERWORLD LTD. *CRN 133 60m* [online]. *Luxury Yacht Charter & Superyacht News* [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.charterworld.com/news/tag/crn-133-60m>
- [14] CHARTERWORLD LTD. *Feature Superyacht: The Indian Empress Yacht* [online]. *Luxury Yacht Charter & Superyacht News* [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.charterworld.com/news/feature-superyacht-indian-empress-yacht>
- [15] DELTA MARINE INDUSTRIES, I. *Invictus* [online]. *Delta Marine*. 66 meters [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://deltamarine2.wpengine.netdna-cdn.com/wp-content/uploads/2015/09/D-E-L-T-A-IN-VICTUS-Brochure.pdf>
- [16] DET NORSKE VERITAS BV. *DNV Pipeline Day London 2013* [online]. *Oct 15th, Hilton London Tower Bridge*. Managing Risk DNV, 15.10.2013 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: [http://www.dnv.com/binaries/dnv%20pipeline%20day%202013\\_tcm4-575409.pdf](http://www.dnv.com/binaries/dnv%20pipeline%20day%202013_tcm4-575409.pdf)
- [17] DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE GMBH. *1.4462* [online]. *Nichtrostender austenitisch-ferritischer Chrom-Nickel-Molybdän-Stahl. X2CrNiMoN22-5-3* [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.thyssenkrupp.at/files/rsh/Werkstoffdatenblaetter/Stabstahl-Edelstahl-Rostfrei/1.4462.pdf>
- [18] DEUTSCHER HOCHSEESPORTVERBAND HANSA, Hg. *Seemannschaft. Handbuch für den Yachtsport*. 30., aktualisierte Auflage. Bielefeld: Delius Klasing, 2013. ISBN 978-3-7688-3248-9.
- [19] DNV GL SE. *Über DNV GL* [online]. DNV GL [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <https://www.dnvgl.de/de/ueber-uns/index.html>
- [20] ENERGY NAVAL GMBH. *Exterior E54* [online]. Energy Yacht [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.energyyacht.com/exterior-e54.html>
- [21] ENERGY NAVAL GMBH. *Interior* [online]. Energy Yacht [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.energyyacht.com/interior-e54.html>
- [22] FIMBINGER, J. Geschäftsführer und Betriebsleiter von Johann Fimbinger GmbH. *Projekt Ankerlade - Grundlagen des Yachtwesens und des Ankerns von Yachten; Ankertyp Seahawk; Ankersysteme allgemein und technische Grundlagen betreffend Ankerlade*. Persönliche Gespräche, 2013-2016.

- [23] GUMPOLD, C. Gründer und Leiter von motion code: blue GmbH. *Grundlagen zu Klassifizierung, Aufbau und Anker von Yachten; technische Grundlagen des Yachtwesens und der Ankersysteme*. Persönliches Gespräch, 22.3.2016.
- [24] HAGER, M. *Fincantieri: 99 Meter verbrennen mit Duel-Fuel auch Flüssiggas*. [online]. *Yachten & Technik*. Boote-Exklusiv.com, 11.7.2012 [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: [http://www.boote-exklusiv.com/yachten\\_technik/technik/fincantieri-99-meter-verbrennen-mit-duel-fuel-auch-fluessiggas/a235.html](http://www.boote-exklusiv.com/yachten_technik/technik/fincantieri-99-meter-verbrennen-mit-duel-fuel-auch-fluessiggas/a235.html)
- [25] IGUS® GMBH. *igus® dryspin®* [online]. *Steilgewindespindeln, korrosionsbeständig* [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: [http://www.igus.at/wpck/15645/dryspin\\_Steilgewindespindeln](http://www.igus.at/wpck/15645/dryspin_Steilgewindespindeln)
- [26] IMA - INTERNATIONAL MAXI ASSOCIATION. *IMA Class Rules* [online]. 2016. International Maxi Association [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: [http://www.internationalmaxiassociation.com/pdf/2016\\_IMA\\_Class\\_Rules.pdf](http://www.internationalmaxiassociation.com/pdf/2016_IMA_Class_Rules.pdf)
- [27] INTERNATIONAL SUPERYACHT SOCIETY. *Awards of Distinction* [online] [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.superyachtsociety.org/Awards/Distinction>
- [28] INTERNATIONAL SUPERYACHT SOCIETY. *Previous Winners* [online] [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.superyachtsociety.org/Awards/PreviousWinners>
- [29] JOHANN FIMBINGER GMBH. *Seahawk Anchor* [online] [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://beta.seahawk-anchor.com/>
- [30] JOHANN FIMBINGER GMBH. *Seahawk Anchor* [online]. *Konstruktion* [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://beta.seahawk-anchor.com/konstruktion>
- [31] JOHANN FIMBINGER GMBH. *Seahawk Anchor* [online]. *Material & Oberflächen* [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://beta.seahawk-anchor.com/material-oberflaechen>
- [32] JOHANN FIMBINGER GMBH. *Seahawk Anchor* [online]. *Produktion* [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://beta.seahawk-anchor.com/production>
- [33] JOHANN FIMBINGER GMBH. *Seahawk Anchor* [online]. *Serienanker* [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://beta.seahawk-anchor.com/serienanker/>
- [34] KETTEN WÄLDER GMBH. *cromox nautic* [online]. *the new dimension of stainless*. Ketten Wälder Chain-Technology, 2015 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.cromox.eu/pdf/de/cromox-2015-07-nautic.pdf>
- [35] LEWMAR LTD. *Marine Equipment Guide* [online]. *German*. Edition 14, 2013. 2013 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.lewmar.com/Catalogue/Catalogue-edition14-german.pdf>
- [36] LLOYD'S REGISTER GROUP SERVICES LTD. *Our heritage* [online]. Lloyd's Register [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.lr.org/en/who-we-are/heritage>
- [37] LOFRANS'. *Titan* [online]. *Verricelli Orrizontale, Horizontal Windlasses*. Lofrans' Windlasses [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.lofrans.com/ajax/download.php?documents%5B%5D=22>
- [38] LOFRANS'. *Windlass* [online]. Lofrans' [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.lofrans.com/>
- [39] MARINDTEC SUISSE SA. *Volvo Penta Center* [online]. MarIndTec Suisse SA [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://marindtec.ch/aquamatic.html>
- [40] MAXWELL MARINE INTERNATIONAL LTD. *Ankersysteme* [online]. Maxwell [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: [http://www.maxwellmarine.com/PDF/Catalogue/Maxwell\\_Catalogue-\\_German\\_2015-16.pdf](http://www.maxwellmarine.com/PDF/Catalogue/Maxwell_Catalogue-_German_2015-16.pdf)
- [41] OTTO PIENING GMBH. *Wellenanlage* [online]. *Schiffspropeller, Propeller, Wellenanlagen, Verstellpropeller, Festpropeller, Getriebe, Reparaturservice, ZF-Marine*. Piening Propeller [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.piening-propeller.de/de/wellenanlage>
- [42] PALMER JOHNSON YACHTS. *72M* [online]. Palmer Johnson Yachts [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.palmerjohnson.com/72m>

- [43] PALMER JOHNSON YACHTS. *SuperSport* [online]. Palmer Johnson Yachts [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.palmerjohnson.com/supersport>
- [44] PLEISSNER GUSS GMBH. *Nichtrostender Stahlguss* [online]. *ferritisch-austenitische Qualitäten (Duplex) - Werkstoffe*. Pleissner Guss GmbH [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.pleissner-guss.de/de/werkstoffe/hochlegierter-stahlguss/nichtrostender-stahlguss-ferritisch-austenitische-qualitaeten-duplex.html>
- [45] QUICKSILVER, BRUNSWICK MARINE IN EMA, INC. *Activ 855 Weekend* [online]. Quicksilver bateaux et yachts [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.quicksilver-boats.com/quicksilver/de/de/modelle/quicksilver/activ-855-weekend>
- [46] RÖCHLING ENGINEERING PLASTICS SE & CO. KG. *Polystone® M* [online]. *PE-UHMW / PE 1000*. Röchling [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.roechling.com/de/hochleistungs-kunststoffe/thermoplastische-kunststoffe/werkstoffe/pe/pe-uhmw-pe-1000.html>
- [47] RÖCHLING ENGINEERING PLASTICS SE & CO. KG. *Werkstoffeigenschaften* [online]. *Thermoplastische Kunststoffe* [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: [http://www.roechling.com/de/hochleistungs-kunststoffe/thermoplastische-kunststoffe/werkstoffe/pe/pe-uhmw-pe-1000.html?eID=dam\\_frontend\\_push&docID=1562](http://www.roechling.com/de/hochleistungs-kunststoffe/thermoplastische-kunststoffe/werkstoffe/pe/pe-uhmw-pe-1000.html?eID=dam_frontend_push&docID=1562)
- [48] RÖCHLING LERIPA PAPERTECH GMBH & CO. KG. *Robalon* [online]. *Werkstoff Robalon, Robalon Hersteller*. Röchling LERIPA Papertech [Zugriff am: 1.5.2016]. Verfügbar unter: <http://www.leripa.com/de/werkstoffe/thermoplaste/robalon-kunststoffe.html>
- [49] ROLLS-ROYCE PLC. *Waterjets* [online] [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/waterjets.pdf>
- [50] SCHULT, J. *Festkommen und Abbringen, Stranden und Bergen*. Bielefeld: Klasing, 1991. Yacht-Bücherei. 96. ISBN 3-87412-129-1.
- [51] SUNSEEKER BENELUX. *All new Sunseeker 75 Yacht makes world debut at London Boat Show* [online], 19.12.2013 [Zugriff am: 1.4.2016]. Verfügbar unter: <https://www.sunseeker.nl/en/news-and-events/all-new-sunseeker-75-yacht-makes-world-debut-at-london-boat-show>
- [52] SUNSEEKER INTERNATIONAL LTD. *75 Yacht* [online]. Sunseeker [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.sunseeker.com/yacht/75-yacht>
- [53] SUPERYACHT COMPANY. *Sanlorenzo unveils the SL100 New superyacht* [online]. SuperYacht Times, 13.7.2009 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.superyachtimes.com/yacht-news/sanlorenzo-unveils-the-sl100-new-superyacht>
- [54] SUPERYACHTS.COM LTD. *Sanlorenzo SL100 New Yacht* [online]. superyachts.com [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.superyachts.com/semi-custom-yacht-599/sanlorenzo-sl100-new.htm>
- [55] SVB SPEZIALVERSAND FÜR YACHT- & BOOTSZUBEHÖR GMBH. *SVB* [online]. *Technisches Wassersportzubehör*, 2016 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <https://www.svb.de/katalog/de/katalog.pdf>
- [56] VOLVO PENTA. *Pods & propellers* [online] [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: [http://www.volvopenta.com/volvopenta/global/en-gb/marine\\_leisure\\_engines/volvo\\_penta\\_ips/Pages/Podsprop.aspx](http://www.volvopenta.com/volvopenta/global/en-gb/marine_leisure_engines/volvo_penta_ips/Pages/Podsprop.aspx)
- [57] VOLVO PENTA. *Engine Range 2016* [online]. *For Sailboats and powerboats 12-900 hp*, 08-2015 [Zugriff am: 20.4.2016]. Verfügbar unter: [http://www.volvopenta.com/SiteCollectionDocuments/Penta/Engine%20range/Marine%20Leisure/Engine\\_range.pdf](http://www.volvopenta.com/SiteCollectionDocuments/Penta/Engine%20range/Marine%20Leisure/Engine_range.pdf)
- [58] WASI GMBH. *WASI Maritim* [online]. *Ihre Verbindung zum Erfolg*, 2014 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: [http://www.wasi.de/fileadmin/user\\_upload/Downloadbereich/kataloge/WASI\\_Maritim\\_2014.pdf](http://www.wasi.de/fileadmin/user_upload/Downloadbereich/kataloge/WASI_Maritim_2014.pdf)
- [59] YACHT CHARTERS IN MIAMI, INC. *59' Ferretti in Miami* [online]. *Boat Charter, Yacht Rental* [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.chartersinmiami.com/portfolio/59-ferretti>
- [60] YACHTWORLD INTERNATIONAL LTD. *Features Landing Page Feature* [online]. YachtWorld UK, 10.4.2013 [Zugriff am: 21.4.2016]. Verfügbar unter: <http://www.yachtworld.co.uk/boat-content/category/features-landing-page-feature/page/13>