

**Behandlungsergebnisse der  
vacuum-assisted-closure-Therapie  
(V.A.C.-Therapie)  
Eine retrospektive Studie**

**DISSERTATIONSSCHRIFT**

zur Erlangung eines doctor medicinae (Dr. med.)  
der Medizinischen Fakultät der  
Universität des Saarlandes  
2009

vorgelegt von

Philip Christian Hitzler  
geb. am 28.07.1977 in  
Heidenheim an der Brenz

Orthopädische Klinik,  
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar  
(Direktor: Prof. Dr. med. D. Kohn)

## Inhaltverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	1
Abbildungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis	3
Diagrammverzeichnis	4
Keimspektren	5
1. Zusammenfassung	6
2. Einleitung	11
3. Material und Methoden	14
3.1. Material	
3.1.1. Vacuum-assisted-closure (V.A.C.) -System	14
3.1.1.1 Systemaufbau	14
3.1.1.2 Schwamm-Materialien	14
3.1.1.3 Folie und trac-pad connector	17
3.1.1.4 Verschluss-Stopfen	18
3.1.1.5 Y-Verbindungsstück	18
3.1.1.6 Vakuumtherapie-Sogsysteme	18
3.1.1.7 Sogstärke	21
3.1.1.8 Sogmodus	21
3.1.1.9 Wirkmechanismus der V.A.C.-Therapie	22
3.2. Methodik	22
3.2.1 V.A.C.-Anwendung	23
3.2.2 Modifizierte V.A.C.-Technik zur Behandlung von Frühinfekten nach primärer Hüftendoprothetik	24
3.3 Patienten – Indikationen	28
3.4 Postoperatives Behandlungsregime	28
3.5 Datenerhebung	29

4. Ergebnisse	30
4.1 Hüfte	34
4.2 Knie	39
4.3 Achillessehne	43
4.4 Wirbelsäule	46
4.5 Unterschenkel	50
4.6 Oberschenkel	51
4.7 Oberes Sprunggelenk	52
4.8 Fuß	54
4.9 Schulter	55
4.10 Ellenbogen	55
4.11 Meshgraftfälle	56
4.12 Keimnachweis auf Schwämmen	60
5. Diskussion	65
5.1 Patientenkollektiv	65
5.2 Wundheilungstendenz - Neubildung von Granulationsgewebe	66
5.3 Antimikrobielle Wirkung	66
5.4 Das V.A.C.-System als implantaterhaltende Option?	67
5.5 V.A.C.-Behandlung bei schwierigen Wunden (freiliegende Sehnen, Tumorwunden)	70
5.6 Vakuumtherapie zur Sicherung von Meshgrafttransplantaten	71
5.7 Ist eine ambulante V.A.C.-Behandlung möglich?	72
5.8 Komplikationen	72
5.9 Limitierungen der Arbeit	74
5.10. Perspektiven	74
6. Literaturverzeichnis	76
7. Publikationen / Dank	80
8. Lebenslauf	81

## Abbildungsverzeichnis

### 3. Material und Methoden

Abb. 3.1	PU-Schwamm	15
Abb. 3.2	PU-Schwamm mit Saugansatz	15
Abb. 3.3	PVA-Schwamm	15
Abb. 3.4	PVA-Schwamm mit integrierten Drainageschläuchen	15
Abb. 3.5	VAC-ATS Therapieeinheit	20
Abb. 3.6	VAC-Freedom Therapieeinheit	20
Abb. 3.7	Frühinfekt nach primärer Hüftendoprothetik mit Wundheilungsstörung mit persistierender Sekretion	25
Abb. 3.8	Initiale Darstellung der Infekt- bzw. Sekrethöhle mit Methylenblau	25
Abb. 3.9	Nach metikulösem Debridement, Nekrektomie und ausgiebiger Jet-Lavage werden austauschbare Prothesenkomponenten (Pfanneninlay, Prothesenkopf) gewechselt	26
Abb. 3.10	Periprothetische Einlage von zurechtgeschnittenen Polyvinylschwämmen mit transkutaner Schlauchausleitung	26
Abb. 3.11	Nach exakter anatomischer Präparation und metikulöser Rekonstruktion der Gewebeschichten kann der schichtweise, spannungsfreie Wundverschluss erfolgen, eine unabdingbare Voraussetzung zur Sogerzeugung	27
Abb. 3.12	Ein initialer, kontinuierlicher Sog von 200 mm Hg wird unmittelbar postoperativ angelegt	27

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Eigenschaften der Schwammmaterialien	16
Tabelle 2:	Anzahl der Patienten pro Diagnosegruppe	30

## Diagrammverzeichnis

### 4. Ergebnisse

#### *Allgemeiner Teil*

Diagramm 4.1	Alter (gesamt)	32
Diagramm 4.2	BMI (kg/m <sup>2</sup> ) (gesamt)	32
Diagramm 4.3	verwendete Schwämme	33
Diagramm 4.4	verwendete Geräte	33
Diagramm 4.5	verwendeter Initialsog	34

#### *Spezieller Teil*

##### *Hüfte*

Diagramm 4.1.1	verwendete V.A.C.-Geräte	36
Diagramm 4.1.2	angewandte Druckart	36
Diagramm 4.1.3	verwendete Druckhöhe	37
Diagramm 4.1.4	verwendete Schwammart	37

##### *Knie*

Diagramm 4.2.1	verwendete V.A.C.-Geräte	41
Diagramm 4.2.2	angewandte Druckart	41
Diagramm 4.2.3	verwendete Druckhöhe	42
Diagramm 4.2.4	verwendete Schwammart	42

##### *Achillessehne*

Diagramm 4.3.1	verwendete V.A.C.-Geräte	44
Diagramm 4.3.2	angewandte Druckart	45
Diagramm 4.3.3	verwendete Druckhöhe	45
Diagramm 4.3.4	verwendete Schwammart	46

### *Wirbelsäule*

Diagramm 4.4.1	verwendete V.A.C.-Geräte	48
Diagramm 4.4.2	angewandte Druckart	49
Diagramm 4.4.3	verwendete Druckhöhe	49
Diagramm 4.4.4	verwendete Schwammart	50

### *Meshgraftfälle*

Diagramm 4.11.1	verwendete V.A.C.-Geräte	58
Diagramm 4.11.2	angewandte Druckart	58
Diagramm 4.11.3	verwendete Druckhöhe	59
Diagramm 4.11.4	verwendete Schwammart	59

### *Keimnachweis auf den Schwämmen*

Diagramm 4.12.1	verwendete V.A.C.-Geräte	62
Diagramm 4.12.2	angewandte Druckart	63
Diagramm 4.12.3	verwendete Druckhöhe	63
Diagramm 4.12.4	verwendete Schwammart	64

## **Keimspektren**

Keimspektrum Hüfte	35
Keimspektrum Knie	39
Keimspektrum Achillessehne	43
Keimspektrum Wirbelsäule	48
Keimspektrum Meshgraftfälle	57
Keimspektrum auf V.A.C.-Schwämmen	61
Keimspektrum Gewebeproben / Abstriche	61

## **1. Zusammenfassung**

Die Vakuumtherapie (V.A.C.-Therapie) gehört heutzutage zu den etablierten Verfahren in der Behandlung von Wundheilungsstörungen und Haut- bzw. Weichteildefekten in den verschiedenen chirurgischen Fachgebieten der Medizin. Größere Studien oder Berichte im Bezug auf die Anwendung der Vakuumtherapie im Bereich der septischen Chirurgie sowie der septischen Orthopädie fehlen bisher jedoch.

Ziel dieser retrospektiven Arbeit war es daher, anhand des Patientenkollektives an der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie in Homburg/Saar im Zeitraum von Februar 2002 bis Oktober 2005 die Indikationen zum Einsatz der V.A.C.-Therapie zur Behandlung von septischen Wunden kritisch zu überprüfen und die Effizienz dieser Methode auszuwerten. Des Weiteren sollten im Rahmen dieser Studie Kriterien zur Auswahl des Schwammmaterials, der Sogstärke und des Sogmodus sowie der Frequenz der Schwammwechsel bei den verschiedenen Indikationen definiert sowie Komplikationen, welche im Rahmen der V.A.C.-Therapie aufgetreten sind, dokumentiert werden.

In der vorliegenden Arbeit wurden insgesamt 47 Patienten mit insgesamt 59 V.A.C.-Zyklen retrospektiv ausgewertet und entsprechend der Lokalisation, an welcher die V.A.C.-Therapie angewandt wurde, in insgesamt zehn verschiedene Gruppen eingeteilt. Die einzelnen Diagnosegruppen wurden dann hinsichtlich der Verwendung unterschiedlicher Gerätetypen, Schwammmaterialien, Sogarten und Sogstärken bzw. verwendete Druckhöhen, Dauer der Anlagen, Art der Anlagen (ambulant oder stationär), Häufigkeit des Wechsels des Systems, durchschnittliche Dauer zwischen der primären Operation und Auftreten von Wundheilungsstörungen, Anzahl der Revisionen vor Anlage der V.A.C.-Therapie, Keimnachweis und hinsichtlich einer Infektpersistenz bzw. Reinfektion nach Anlage der V.A.C.-Therapie untersucht.

Unter den 47 Patienten befanden sich insgesamt 19 Frauen und 28 Männer. Am häufigsten wurde der Polyvinylalkoholschwamm verwendet mit verschieden hohem Initialsog zwischen 100 mmHg und 175 mmHg.

Die Mini-VAC kam bevorzugt zum Einsatz, nämlich in 35 der 59 Fälle. Die Anwendung der V.A.C.-Therapie erfolgte fast ausschließlich unter stationären Bedingungen, nur vereinzelt ambulant oder kombiniert stationär - ambulant.

Die durchschnittliche Dauer zwischen der primären Operation und dem Auftreten von Wundheilungsstörungen bzw. der Anlage des V.A.C.-Systems betrug in der vorliegenden Arbeit 427,83 Tage, wobei vor Anlage des Vakuumsystems durchschnittlich 1,19 Revisionen durchgeführt wurden.

Die Dauer der V.A.C.-Anlage betrug bei diesem Patientenkollektiv durchschnittlich 29,5 Tage. Das durchschnittliche Follow-up des gesamten Patientenkollektives betrug 24,51 Monate.

Eine Keimpersistenz konnte bei 14,89 % der von uns untersuchten Patienten (7 von 47 Patienten) und entsprechend bei 15,25 % der V.A.C.-Anlagen (9 von 59) auf den Schwämmen beobachtet werden. Dies hatte jedoch keinen weiteren Einfluss auf den Heilungsprozess der Wunden. In 19 von 24 „Implantat-Fällen“ (Hüft- und Knieendoprothesen) konnte die Infektion eradiziert werden.

In unserem Patientenkollektiv kam das V.A.C.-System 13 mal zur Sicherung von Meshgrafttransplantaten zum Einsatz. In keinem Fall ist eine erneute Wunddehiszenz aufgetreten, welche weitere Maßnahmen zum Wundverschluss erforderte.

Wir konnten insgesamt 2 Komplikationen, beide in der Gruppe mit Zustand nach Frühinfekt nach primärer Hüftendoprothetik, beobachten (Blutungskomplikation bei Thrombozytopenie aufgrund einer Leberzirrhose und konsekutiver Gerinnungsstörung).

Für die vorliegende Arbeit gelten dennoch einige Einschränkungen. Unsere Studie ist retrospektiv und das Patientenkollektiv recht inhomogen, so dass keine statistische Auswertung möglich ist. Zudem wurde keine Kontrollgruppe mit alternativen Methoden zur V.A.C.-Therapie untersucht.

In allen Fällen wurde das chirurgische Vorgehen mit einer systemischen Antibiose unterstützt, so dass der antimikrobielle Effekt (bakterielle Clearance) nicht allein auf die V.A.C.-Behandlung zurückgeführt werden kann.

Der Stellenwert des Vakuumsystems zur Behandlung von offenen und infizierten Wunden ist heutzutage unumstritten. Die zunehmende Anwendung dieser Behandlungsoption in verschiedenen operativen Disziplinen und ihr Erfolg sprechen für sich, auch wenn keine genauen fachbezogenen Richtlinien existieren und in der Regel die V.A.C.-Therapie als Folge von über die Jahre subjektiv gesammelten Erfahrungen eingesetzt wird.

Im Rahmen einer multizentrischen, randomisierten Studie könnten zumindest einige Fragen zur Anwendung der V.A.C.-Therapie geklärt und ggf. genauere Richtlinien festgelegt werden, allerdings ist dafür eine sehr große Patientenzahl unter Berücksichtigung der verschiedenen Krankheitsbilder und patientenassoziierten Faktoren erforderlich, so dass eine solche Studie nur schwerlich realisierbar erscheint.

**Treatment results of the  
vacuum-assisted-closure-therapy  
(V.A.C.-therapy) -  
a retrospective study**

**1. Abstract**

The vacuum-assisted-closure (v.a.c.) -therapy belongs nowadays to the established therapeutic methods in the treatment of wound healing disorders and skin defects in the different surgical sectors. So far, there exist only few larger case series and reports regarding the vacuum assisted closure therapy in the septic orthopaedic surgery.

Therefore, the aim of this retrospectiv study was, by means of the cases in the clinic for orthopedics and orthopedic surgery in Homburg/Saar in the period from February 2002 until October 2005, to critically check the indications for the v.a.c.-therapy in the treatment of infected wounds and to evaluate the efficacy of this method. Furthermore, criteria should be defined regarding the choice of the foam material, the pressure mode, the intensity of the negative pressure (suction value), and the frequency of dressing change within the different indications. In addition, complications that occurred during the vacuum assisted close therapy should be documented.

In this study, 47 patients (19 women and 28 men) with a total number of 59 v.a.c.-applications were retrospectively evaluated, and according to the localisation of the v.a.c.-treatment classified into 10 different groups. The different groups were then examined concerning the use of different v.a.c.-therapy units, the foam material, the pressure mode, the intensity of the negative pressure, the duration of the v.a.c.-application, the kind of application (stationary, ambulatory), the frequency of dressing change, the average period between primary surgery and the emergence of wound healing disorders, the number of revisions prior to the v.a.c.-therapy, infection verification and concerning a bacterial persistence or reinfection after using the v.a.c.-therapy.

In most cases the white polyvinyl alcohol foam was used with suction values of 100 mmHg to 175 mmHg. The mini v.a.c.-therapy unit was used in 35 of 59 cases. In most

cases, the therapy was applied stationary. Only in a few cases the v.a.c.-therapy was applied ambulatory or in a combined stationary - ambulatory way.

The average period between primary surgery and the emergence of wound healing disorders was 427.83 days in this study, whereas there was an average of 1.19 wound-revisions prior to the begin of the v.a.c.-treatment. The average duration of the applied v.a.c.-therapy was 29.5 days, the average Follow-up 24.51 months.

A bacterial persistence on the foam materials was found in 14.89 % of the examined cases (7 out of 47 patients) and in 15.25 % of the v.a.c.-applications (9 out of 59), respectively. However, this had no further effect on the wound healing process. In 19 out of 24 „protheses-cases“ (total hip- and knee joint protheses) an infection eradication could be achieved.

The v.a.c.-therapy was used 13 times to cover meshgrafts. There was no case in which a new wound dehiscence occurred, that would have made any further action inevitable.

Complications could be observed in 2 cases, both in the group with an early infection after primary hip-joint replacement (haemorrhage due to thrombocytopenia in the context of cirrhosis of the liver).

Our study has certainly some limitations. The present study is retrospective and the patients' collective is inhomogenous, so that no statistical analysis is possible. Moreover, there was no evaluation of a control group that was treated with alternative methods to the v.a.c.-therapy.

In all cases the surgical action was assisted by an adequate antibiotics. Therefore, the bacterial clearance can not only be attributed to the v.a.c.-therapy.

The significance of the v.a.c-therapy in the treatment of open and infected wounds is nowadays without controversy. The increasing appliance of this treatment in diverse surgical sectors and its success argue for the treatment option, even though there are no specific guidelines and its application is generally based on a long lasting subjective experience.

Within a multicenter, randomized study at least a few questions regarding the appliance of the v.a.c.-therapy could be solved and more specific guidelines could be defined. However, this would require a large patients' collective considering the various disease patterns and other factors, so that such a study seems to be difficult to realize.

## **2. Einleitung**

Trotz prophylaktischer Maßnahmen (zum Beispiel Antibiotikenschutz oder entsprechende Klimaanlagen) gehören postoperative Infektzustände im Bereich der orthopädischen Chirurgie heutzutage noch zu gefürchteten Komplikationen, welche oft zu langwierigen und komplizierten Heilungsverläufen führen können. Die Wahl der geeigneten Behandlungsmöglichkeit gestaltet sich daher oft schwierig. Abhängig von der Art und Lokalisation des Infektes (Früh- vs. Spätinfekt, implantat-assoziiert vs. nicht-implantat-assoziiert, Gelenkinfekte vs. Entzündung nach Osteosynthese einer Extremität, Wirbelsäulen- oder Weichteileingriffen), der Anzahl, Virulenz und Resistenzlage der pathogenen Keime sowie dem Allgemeinzustand des Patienten stehen dem behandelnden Arzt verschiedene therapeutische Möglichkeiten zur Verfügung.

Darunter gehören die systemische, resistenzgerechte Antibiose, das chirurgische Debridement mit entsprechender Nekrektomie sowie die Einlage von antibiotikahaltigen Medien (Schwämme, Ketten, Spacer) zu den üblichen Verfahren. Bei Spätinfekten und ausgeprägtem Befall der Gewebeschichten ist eine Infektsanierung mit Implantaterhaltung selten möglich, so dass die Patienten oft sowohl durch den Infektzustand als auch durch die mangelnde Stabilität im Fall einer Osteosynthese oder die fehlende Gelenkfunktion bei einer periprothetischen Entzündung nach entsprechender Implantatentfernung gefährdet und benachteiligt werden.

Im Gegensatz zum Spätinfekt (Infektmanifestation nach der 6. postoperativen Woche) ist beim Frühinfekt (Infektmanifestation innerhalb der ersten 6 postoperativen Wochen) der Versuch der Implantaterhaltung gerechtfertigt.

Postoperative lokale Wundheilungsstörungen mit persistierender Sekretion, Persistenz von hohen Entzündungsparametern oder sogar ein Anstieg lokaler Entzündungszeichen zwingen den Operateur zu einem Revisionseingriff.

Die offene Wunde stellt eine Pforte für Bakterien dar und erhöht daher das Risiko einer zusätzlichen postoperativen Infektion. Oft wird der Heilungsverlauf zusätzlich durch Begleiterkrankungen der Patienten erschwert (Diabetes mellitus, rheumatoide Arthritis, Abwehrschwäche), so dass eine Spontanheilung der Wunde nicht erwartet werden kann.

Über Jahrzehnte wurden chronische Wundheilungsstörungen mittels antiseptischer Lösungen, lokal wirksamer Substanzen und regelmäßigen Verbandswechseln behandelt. Seit Mitte der 90er Jahre und der Einführung des Konzeptes der vacuum-assisted-closure-Therapie durch Argenta und Morykwas in den USA [4; 33] und Fleischmann in Deutschland [13-21] gilt diese Behandlungsmöglichkeit als eine effiziente Methode zur Behandlung von Wundheilungsstörungen und infizierten Wunden. Das Prinzip dieser neuen Behandlungsoption ist relativ einfach [4; 33]: nach metikulösem chirurgischem Debridement und Nekrektomie wird der Wunde ein zurechtgeschnittener Schwamm angelegt, welcher durch einen Schlauch mit einer Pumpe verbunden ist. Die Pumpe kann einen negativ atmosphärischen Druck erzeugen, wodurch ein kontinuierlicher Sekrettransport erfolgt. Dadurch kann eine suffiziente Wundkonditionierung mit einer daraus folgenden Reduktion der Wunddehiszenz oder sogar einem definitiven Wundverschluss erreicht werden. Die Wahl des Schwammes, der Sogstärke und des Sogmodus sowie die Frequenz der Schwammwechsel kann je nach Indikation stark variieren (der genaue Mechanismus wird unter Material – Methoden erläutert). Das Vorhandensein eines geschlossenen Systems verhindert eine Kontamination und erlaubt die Infektsanierung unter sterilen Bedingungen

Ursprünglich berichteten Argenta und Morykwas über den Einsatz der Vakuum-Therapie zur Behandlung von Wunden mit trophischen Hautstörungen (venöse-, diabetische- und Druckulzera) sowie Verbrennungs- und Schusswunden [4]. Seither hat sich der Einsatz der V.A.C.-Therapie in mehreren klinischen Bereichen etabliert. Doss et al. und Scholl et al. publizierten über den erfolgreichen Einsatz der Vakuumversiegelungstherapie zur Behandlung einer Sternumosteomyelitis nach Eingriffen im Bereich der Herz-Thorax-Chirurgie [12; 39]. Ähnliche Berichte liefert uns die Literatur ebenfalls aus den Bereichen der Dermatologie (Dill-Müller), Gynäkologie (Schimp, Shvartsmann) und Abdominalchirurgie (Stone). Es konnte sogar festgestellt werden, dass die V.A.C.-Therapie den Heilungsverlauf von Wunden nach Hauttransplantation günstig beeinflusst [37; 38].

Nach initialer Wundkonditionierung kann bei entsprechender Compliance des Patienten in einzelnen Fällen die Fortführung der V.A.C.-Therapie sogar ambulant fortgeführt werden. Webb et al. betonten über einen möglichen ökonomischen Vorteil dieser Methode im Rahmen der ambulanten Wundbehandlung [42; 43]. Lange stationäre

Aufenthalte können dadurch vermieden werden, womit eine Reduktion der Behandlungskosten erzielt werden kann.

Obwohl ihr Einsatz im Bereich der septischen orthopädischen Chirurgie sinnvoll scheint, gibt es in der Literatur nur einzelne Berichte über die Verwendung des V.A.C.-Systems in der Orthopädie. Einzelne Fälle über die erfolgreiche Anwendung zur Infektsanierung nach dorsaler Spondylodese [8; 31] oder Osteosynthese im Bereich der unteren Extremität [11] existieren zwar, allerdings fehlen noch größere Patientenkollektive, die es ermöglichen würden, wertvolle Informationen über diese Therapiemöglichkeit sowie möglichen Komplikationen bei deren Anwendung zu gewinnen.

In den letzten Jahren erschien zusätzlich zu den bisherigen vorhandenen Pumpoptionen die V.A.C.-Instill auf den Markt. Diese Variation der traditionellen V.A.C.-Pumpe kombiniert die Effizienz des V.A.C.-Systems mit einer Instillationstherapie, z.B. mit einer antiseptischen Lösung. Es ist daher offensichtlich, dass die Ausweitung der V.A.C.-Indikationen entsprechende Fortschritte und Verbesserungen sowohl bei der Apparatur als auch bei der Einsatztechnik erfordert. Allerdings existieren aktuell keine gold Standards zur Verwendung der Versiegelungstherapie in den verschiedenen klinischen Bereichen. Unter kritischer Durchsicht der aktuellen Literatur zu diesem Thema lässt sich feststellen, dass ein großer Anteil der verfügbaren Berichte als Kongressberichte, subjektive Meinungsäußerungen sowie Erfahrungsberichte anzusehen sind.

Daher war das Ziel dieser retrospektiven Arbeit, anhand des Patientenkollektives an der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie in Homburg/Saar die Indikationen zum Einsatz der V.A.C.-Therapie zur Behandlung von septischen Wunden kritisch zu überprüfen und die Effizienz dieser Methode auszuwerten. Insbesondere sollten im Rahmen dieser Studie Kriterien zur Auswahl des Schwammmaterials, der Sogstärke und des Sogmodus sowie der Frequenz der Schwammwechsel bei den verschiedenen Indikationen definiert sowie Komplikationen, welche im Rahmen der V.A.C.-Therapie aufgetreten sind, dokumentiert werden.

### **3. Material – Methoden**

#### 3.1 Material

##### 3.1.1 Vacuum-assisted-closure (V.A.C.) -System

###### 3.1.1.1 Systemaufbau

Seit der Konzept Einführung des V.A.C.-Systems haben die vielseitigen Indikationen aus verschiedenen Fachbereichen zu ständigen Modifikationen, Erneuerungen und Entwicklungen des V.A.C.-Gerätes geführt. Prinzipiell besteht allerdings jedes V.A.C.-System noch heutzutage aus folgenden Einheiten:

- einer Vakuumquelle bzw. -pumpe
- einem Sammelbehälter / Auffangkanister
- einem Schwamm
- einer transparenten Folie
- einem trac-pad connector
- einem Verschlussstopfen
- und einem Y-Verbindungsstück

###### 3.1.1.2 Schwamm-Materialien

Bei der Wahl des Schwammes stehen heutzutage mehr als 30 verschieden geformte Schwämme unterschiedlicher Größen aus zwei Materialarten zur Verfügung (Willy, 2005 [46]):

- Polyurethanschwamm (PU-Schwamm) (Abb. 3.1 und 3.2)
- Polyvinylalkoholschwamm (PVA-Schwamm) (Abb. 3.3 und 3.4)



Abb. 3.1: PU-Schwamm



Abb. 3.2: PU-Schwamm mit Saugansatz



Abb. 3.3: PVA-Schwamm

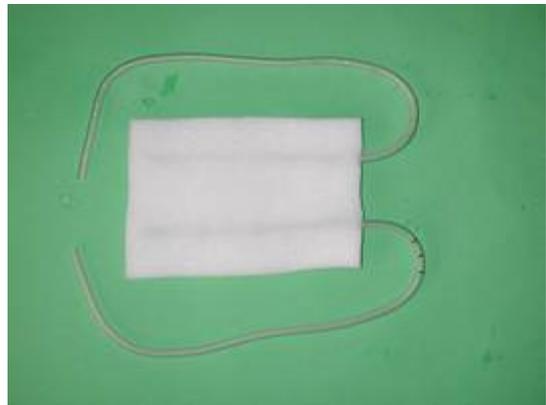


Abb. 3.4: PVA-Schwamm mit integrierten Drainageschläuchen

Die PVA-Schwämme werden in rechteckiger Form vom Hersteller angeboten und sind in unterschiedlichen Größen erhältlich (10 cm x 7,5 cm x 1 cm und 10 cm x 15 cm x 1 cm). Es existieren ebenfalls PVA-Schwämme, welche bereits vom Hersteller mit Drainagen bzw. in den Schwamm eingezogenen Drainageschläuchen konfektioniert sind (siehe Abb. 3.4). Sie werden durch die Wunde oder transkutan ausgeleitet und mit einem Sogsystem verbunden. Die Drainageschläuche sind oft in nur sehr geringem Abstand zueinander angebracht, da die Sogleistung nur in einem sehr begrenzten Bereich zu den Drainagen ausreichend effizient ist [15; 46]

Studien haben gezeigt, dass mit zunehmender Sogstärke ab Werten von 150-200 mm Hg im PVA-Schwamm eine Verminderung der Sogübertragung stattfindet [24; 25; 30; 46; 47]. Bei Sogwerten unter 150 mmHg besteht hingegen kaum ein Verlust der Sogwirkung und selbst über eine Distanz von 50 cm ist die Sogwirkung nahezu 1:1 [24; 25; 30; 46; 47].

Wie bei den PVA-Schwämmen stehen auch bei den PU-Schwämmen unterschiedliche Größen zur Verfügung (von 10 cm x 7,5 cm x 3,3 cm bis 60 cm x 30 cm x 1,8 cm), welche der entsprechenden Wundgeometrie optimal angepasst werden können. Daher kann der relativ dicke PU-Schwamm bei einer oberflächlichen Wunde je nach Bedarf in seiner Längsrichtung halbiert werden, damit eine optimale Wundversorgung gewährleistet werden kann.

Die neueste Generation an PU-Schwämmen ist mit mehreren Perforationslinien versehen, die es dem Anwender erlauben, durch Abreißen einer oder mehrerer Schichten – ohne jeglichen Schneidaufwand – eine optimale Anpassung des Schwammes an die Wundgeometrie zu ermöglichen. Sie eignen sich daher besonders für den ambulanten Versorgungsbereich.

Die beiden Schwammmaterialien unterscheiden sich jedoch ebenfalls in mehreren Eigenschaften (siehe Tabelle 1).

Tabelle 1:

<b>Eigenschaft</b>	<b>Polyurethanschwamm</b>	<b>Polyvinylalkoholschwamm</b>
Porengröße	400 – 600 µm	200 – 1000 µm
Konsistenz	Weich (gut verformbar)	Fester (weniger verformbar)
Farbe	schwarz	Weiß
Sonstiges	Geht nach etwa 3-4 Tagen durch das Einwachsen von Granulationsgewebe eine stärkere Verbindung mit dem Wundgewebe ein und sollte daher nach 2-3 Tagen gewechselt werden*	Verwachsungstendenz aufgrund des Materials und der Porengröße erst nach etwa 7 Tagen. Daher gut für längerfristige Anwendungen (z.B. Z.n. Meshgraft-Transplantation) geeignet.

\*dieser empfohlene Zeitraum gilt für gesundes Gewebe unter optimalen Perfusionsbedingungen, während bei ungünstiger nutritiver Situation der Schwamm auch eine bis zwei Tage länger verbleiben kann.

Aufgrund der oben genannten Eigenschaften eignet sich der weiße Polyvinylalkoholschwamm besonders für Wunden, worin der Schwamm einen längeren Zeitraum ohne Wechsel verbleiben kann (saubere Wunde) oder keine Verwachsung auftreten sollte (z.B. nach Meshgraft-Transplantation).

Der schwarze Polyurethanschwammes kann sich aufgrund der weicheren Konsistenz einem unebenen Wunduntergrund deutlich besser anpassen als der weiße Polyvinylalkoholschwamm, was zu einer größeren Kontaktfläche führt.

Ein wichtiges Auswahlkriterium bei der Wahl des geeigneten Schwammes bildet daher die „Verwachsungstendenz“.

Allerdings sollte hier betont werden, dass die momentane Datenlage in der Literatur lückenhaft ist hinsichtlich der exakten Schwammauswahl bei den unterschiedlichen Indikationen. Ebenso wenig gibt es vergleichende Arbeiten über die Granulationsgewebeneubildung, Sekretleistung und bakterielle Clearance je nach Schwammauswahl.

### 3.1.1.3 Folie und trac-pad connector

Zur Versiegelung der Wunde wird, wie bereits erwähnt, eine transparente, luftdichte, keimdichte und wasserdampfdurchlässige Klebefolie aus Polyurethan verwendet.

Die Übertragung des Soges von der Vakuumquelle zu dem in der Wunde eingebrachten Schwamm kann über zwei Wege erfolgen:

- Über bereits in den Schwamm herstellerseitig eingebrachte Drainageschläuche, die direkt aus der Wunde oder transkutan ausgeleitet und dann mit einer Vakuumquelle verbunden werden. Bis Ende der 1990er Jahre war dies die gebräuchlichste Technik. Problematisch war jedoch in vielen Fällen das Erreichen der Dichtigkeit des Systems.
- Über einen Saugansatz, welcher mit einem Klebe-Pad versehen ist und dadurch an jeder beliebigen Stelle der zuvor bereits versiegelten Wunde angebracht werden kann. Vor dem Aufkleben des Saugansatzes muss der Anwender bei dieser Technik lediglich ein kleines Loch in die Klebefolie schneiden.

In den Schläuchen, welche den Saugansatz und den Auffangkanister verbinden, verlaufen innerhalb der Drainagewand vier kleine Druckmesskanäle, worüber der Regelkreis für die Sogsteuerung und die Alarmfunktion erfolgt. Nur durch diese Kanäle kann die Umstellung des Soges von kontinuierlich auf intermittierend erfolgen, während im Falle eines Anschlusses z.B. einer Redonflasche lediglich ein kontinuierlicher Sog appliziert werden kann.

Daher wird der Saugansatz vom Hersteller auch als trac-pad („therapeutic regulated accurate care“) Connector bezeichnet.

In manchen schwierig zu versorgenden Fällen (perianale-, perineale Wunden, oder nach Anlage eines Fixateur zur osteosynthetischen Versorgung), wo die Überlappung der Klebefolie nur wenig über das Schwammmaterial hinausragt, besteht die Möglichkeit, mittels eines doppelseitig klebenden, 3 cm breiten und 14 cm langen, sterilen Hydrogelstreifens für eine Systemdichtigkeit bzw. eine ausreichende Folienfixierung zu sorgen.

#### 3.1.1.4 Verschluss-Stopfen

Der Verschluss-Stopfen dient zum Verschluss des Kanisterschlauches.

#### 3.1.1.5 Y-Verbindungsstück

Mit Hilfe von Y-Verbindungsstücken können zwei trac-pad connector Schläuche mit dem Schlauch von lediglich einer Vakuumquelle verbunden werden. Dies ermöglicht die simultane Versorgung mehrerer, an unterschiedlichen Körperteilen vorliegenden Wunden mit nur einer Vakuumquelle.

#### 3.1.1.6 Vakuumtherapie-Sogsysteme

Zur Erzeugung des für die Vakuumtherapie erforderlichen Unterdruckes bzw. Soges stehen die unterschiedlichsten Quellen zur Verfügung. Im Folgenden sollen die gebräuchlichsten Vakuumquellen kurz beschrieben werden:

- Therapieeinheiten (VAC-ATS und VAC-Freedom): Diese Vakuumquellen werden in zunehmendem Maße eingesetzt. In die Therapieeinheiten sind bereits sämtliche Therapie- und Sicherheitsfunktionen integriert. So können Sogstärke (zwischen 50 und 200 mmHg) und Sogmodus (kontinuierlich oder intermittierend) digital gewählt und eingestellt werden. Ein eventuell auftretender Sogverlust oder ein voller Auffangbehälter (Kanister) führen zur sofortigen Alarmierung. Das VAC-ATS System (siehe Abb. 3.5) verfügt über einen Kanister mit einem Fassungsvermögen von 500 ml, während das kleinere, akkubetriebene VAC-Freedom System (siehe Abb. 3.6) über einen Auffangbehälter mit einem Fassungsvermögen von 300 ml verfügt. Vorteil des kleineren und leichteren VAC-Freedom Systems ist jedoch, dass es dem Patienten eine höhere Mobilität gewährleistet, da es mittels eines Gurtes unkompliziert über Schulter oder um den Hals hängend getragen werden kann. Es eignet sich daher hervorragend bei ungünstigen Transportbedingungen oder für den Einsatz im ambulanten Versorgungsbereich.
- VAC-Instill: In dieser programmierbaren Therapieeinheit sind ebenso wie bei den VAC-ATS- und VAC-Freedom Systemen bereits sämtliche Therapie- und Sicherheitsfunktionen integriert. Neben der Erzeugung eines Unterdrucks ermöglicht dieses System zudem die retrograde Instillation von antibiotisch oder antiseptisch wirkenden Substanzen bzw. Infusionen in die Wunde. Der liegende Schwamm wird hierbei mit der eingebrachten Flüssigkeit getränkt. Nach Einwirkung der instillierenden Substanz über einige Minuten wird die Vakuumeinheit wieder eingeschaltet und ein erneutes Vakuum erzeugt. Dieser Vorgang kann beliebig oft wiederholt werden und dient der schnelleren Beseitigung einer bestehenden Restkontamination der Wunde. Mit Hilfe des VAC-Instill System ist es möglich, die Instillationsdauer, die Einwirkdauer der instillierenden Flüssigkeit und die Häufigkeit der Therapie pro Tag automatisch zu regeln.
- Redonflaschen: Sie erzeugen zunächst einen (nur kontinuierlichen) Sog von bis zu 900 mm Hg, welcher dann mit zunehmender Füllung kontinuierlich abnimmt.

- Drainagebehältnis mit integrierter Handpumpe: Bei diesen Systemen kann ein eventuell auftretender Sogverlust recht unkompliziert, auch durch den Patienten selbst, wieder aufgebaut werden.
- Wandabsaugung: Sie ist verbreitet im stationären Bereich im Einsatz.
- Elektronisch gesteuerte Sogsysteme.



Abb. 3.5: VAC-ATS Therapieeinheit



Abb. 3.6: VAC-Freedom Therapieeinheit

Vereinzelt befinden sich auch noch Vakuumquellen der ersten Generation im Einsatz. Nachteil dieser Systeme, bei denen Sogbereich und Alarmfunktion ebenfalls bereits integriert sind, ist jedoch die fehlende Möglichkeit zur Kompensation kleinerer Folienlecks. Bereits kleinste Lecks lösen einen Alarm aus und führen zum Abschalten der Sogfunktion.

Neuere Systeme, wie die oben genannten VAC-ATS oder VAC-Freedom Systeme, tolerieren kleinere Lecks in der Klebefolie und kompensieren einen dadurch entstehenden Sogabfall mit einer automatisch eingestellten Steigerung der Sogstärke. Das VAC-ATS System ist beispielsweise in der Lage, einen eingestellten Sog von 125 mmHg automatisch auf 150 mmHg zu erhöhen. Dies geschieht mit Hilfe eines in das System integrierten Mess- und Regelkreises. Eine noch stärkere Sogerhöhung zur Kompensation eines Lecks löst allerdings ebenfalls die Alarmfunktion aus.

### 3.1.1.7 Sogstärke

Die Wahl der richtigen Sogstärke richtet sich zum einen nach dem Schmerzempfinden des Patienten nach der Soganlage und zum anderen nach der individuell günstigsten Sogstärke zur Wundreinigung und Granulation der Wunde bzw. Gewebeneubildung.

Niedrigere Werte zwischen 75 mmHg und 100 mmHg bieten sich bei tieferen Verletzungen mit einer engen topographischen Relation zu Gefäßen (CAVE: Blutungsgefahr bei hohem Sog), bei ausgedehnten Gewebsdefekten, oder bei erhöhtem Schmerzempfinden des Patienten an.

Im Gegensatz dazu kann eine Erhöhung des Soges dann sinnvoll sein, wenn bei der Versiegelung des Vakuumsystems kleinere Luftlecks verbleiben („kompensatorische“ Erhöhung).

Meist wird die V.A.C.-Therapie in Bereichen zwischen 50-200 mmHg durchgeführt (oft stark abhängig vom Bereich des klinischen Einsatzgebietes).

Eine Ausnahme stellt die bereits erwähnte Redonflasche als Vakuumquelle dar. Hier wird zunächst ein Sog von ca. 900 mmHg erzeugt, welcher jedoch mit zunehmender Füllung kontinuierlich abnimmt.

### 3.1.1.8 Sogmodus

Bei der Wahl des Sogmodus weisen erste, tierexperimentelle Hinweise darauf hin, dass ein intermittierender Sog gegenüber dem kontinuierlichen Sog für die Wundheilung von Vorteil ist. So zeigten zum Beispiel Morykwas et al., dass die Neubildung von Granulationsgewebe unter Verwendung des intermittierenden Sogmodus signifikant größer ist als unter Verwendung des kontinuierlichen Sogmodus [33]. Genaue wissenschaftliche Daten aus klinischer Sicht liegen nicht vor, der Grossteil der momentan vorliegenden Empfehlungen basiert eher auf den in den letzten 10 Jahren aus dem klinischen Alltag gewonnenen Erfahrungen.

### 3.1.1.9 Wirkmechanismus der V.A.C.-Therapie

Das V.A.C.-Gerät wirkt nach einem rein mechanischen Prinzip:

Die Anlage des V.A.C.-Systems erzeugt einen negativen atmosphärischen Druck auf die Wunde. (Die Wahl des Schwammmaterials, die Einstellung der Druckart und -höhe sowie die Dauer der V.A.C.-Anlage können je nach Indikation stark variieren.) Die kontinuierliche Sekretförderung führt einerseits zum Abtransport von bakteriellen Toxinen und andererseits zur Elimination des interstitiellen Ödems. Dadurch können komprimierte Arteriolen redilatiert werden, so dass die Oxygenierung des Wundgrundes erneut gewährleistet werden kann. Die Angiogenese und die Bildung von Granulationsgewebe werden dadurch gefördert, durch die Reduktion der Keimzahl (bakterielle Clearance) werden ideale Voraussetzungen geschaffen, entweder zur Wundkonditionierung im Sinne einer Verkleinerung der Wundfläche und eines späteren, definitiven Wundverschlusses bei zweizeitigen Verfahren oder zum direkten Wundverschluss.

### 3.2 Methodik (durch den Hersteller empfohlen)

Voraussetzung für die Anlage eines V.A.C.-Systems ist bei allen Patienten zunächst die Schaffung von sauberen chirurgischen Wundverhältnissen. Gegebenenfalls ist daher vor Anlage eines V.A.C.-Systems ein chirurgisches Wunddebridement oder eine Nekrektomie durchzuführen.

Das Prinzip dieser Therapieoption besteht im Wesentlichen darin, im Gegensatz zu einer Drainage, eine gleichmäßige Sogverteilung auf die gesamte Wundfläche zu erzielen. Dafür wird nach entsprechender operativer Wundsäuberung ein mittels Skalpell oder Schere zurechtgeschnittener Schwamm flächig der gesamten Wundoberfläche bzw. in die Wundhöhle platziert und mittels Hautklammern oder Hautnaht fixiert.

Anschließend wird die Wunde samt angepasstem Schwamm durch eine transparente, luftdichte, keimdichte und wasserdampfdurchlässige Klebefolie aus Polyurethan hermetisch abgedichtet, um eine Kontamination durch die Umgebung zu vermeiden.

Nun kann über dem Zentrum des Schwammes ein kleiner Teil der Klebefolie ausgeschnitten werden und darauf der so genannte Saugnapf (trac-pad) geklebt werden, welcher durch ein Schlauchsystem mit der Vakuumpumpe verbunden wird. Der Sogmodus und die Sogstärke werden je nach Wunde und Indikation entsprechend eingestellt. Unter dem negativen atmosphärischen Druck wird die geförderte Sekretmenge in einem Auffangbehälter (Kanister), welcher in die Vakuumpumpe integriert ist, gesammelt. Dieser Kanister kann je nach Bedarf entleert werden. Da dies ein geschlossenes System ist, besteht bei regelrechtem Systemgebrauch keine Kontaminationsgefahr.

### 3.2.1 V.A.C.-Anwendung

In unserer Klinik wurde jede Wunde initial unter sterilen Bedingungen im Operationssaal debridiert. Nach erfolgter Blutstillung wurde der jeweilige Schwamm entsprechend der Wundgeometrie zurechtgeschnitten.

Die Wahl der eingesetzten Schwämme erfolgte nach folgenden Kriterien:

- Bei großen Wunddefekten mit freiliegenden Knochenflächen wurde der Polyurethanschwamm eingesetzt, weil er, laut Literatur, aufgrund der größeren Porengröße aggressiver ist und dadurch eine schnellere Bildung von Granulationsgewebe erzielen kann [26; 32].
- Bei freiliegenden Sehnen und zur Unterstützung des Heilungsprozesses nach Meshgraft-Transplantation wurde der Polyvinylschwamm aufgrund seines kontrollierbaren Verhaltens und der Tatsache, dass er im Vergleich zum schwarzen Polyurethanschwamm weniger Schmerzen beim Wechsel und seltener ein Überwachsen von Granulationsgewebe auf intakte Hautareale verursacht, eingesetzt.
- Bei Angaben von Schmerzen wurde, falls nötig, der PU- mit einem PV-Schwamm ersetzt.

Anschließend wurde eine Klebefolie (wie oben beschrieben) auf die Wunde bzw. den Schwamm luftdicht positioniert. Mit Hilfe der Vakuumpumpe wurde ein kontinuierlicher oder intermittierender Sog zwischen 50-200 mmHg angelegt. Schwammwechsel

erfolgten, je nach Indikation, in Abständen von 1-10 Tagen im Verbandszimmer oder im OP-Saal.

### 3.2.2 Modifizierte V.A.C.-Technik zur Behandlung von Frühinfekten nach primärer Hüftendoprothetik

Bei Frühinfekten nach primärer Hüftprothesenimplantation (Abb. 3.4) modifizierten wir die Technik, indem wir anstatt der Folie zur Vakuumbehandlung die anatomischen Weichteilschichten verwendeten.

Die operative Sanierung begann mit einer Kontrastierung der Infekt-/Sekrethöhle mit Methyleneblau, gefolgt von einem ausgedehnten chirurgischen Debridement und intensiver Jet-Lavagierung mit mindestens 10 L Spülflüssigkeit und dem Einsatz eines Antiseptikums (Lavasept). Falls möglich wurden austauschbare Prothesenkomponenten (Inlay, Kopf) gewechselt. Periprothetisch bzw. in die Resektionshöhle wurden entsprechend der Wundgeometrie jeweils 1-3 zurechtgeschnittene Polyvinylschwämme mit transcutaner Schlauchausleitung subfaszial eingelegt und die Wunden unter metikulöser Rekonstruktion und Adaptation der Gewebeschichten verschlossen. Falls erforderlich, wurde ein V.A.C.-Schwamm ebenfalls subkutan eingelegt. Unmittelbar postoperativ wurde mit der V.A.C.-Pumpe ein initialer kontinuierlicher Sog von 200 mmHg angelegt (Abb. 3.7-3.12).

Die Schwämme wurden in situ belassen, bis ein Übergang vom hämorrhagischen zum serösen Sekret und ein Sistieren der geförderten Menge sichtbar waren. Nach entsprechendem Abfall der Entzündungsparameter konnte dann die Explantation der Schwämme geplant werden.



Abb. 3.7: Frühinfekt nach primärer Hüftendoprothetik mit Wundheilungsstörung mit persistierender Sekretion.

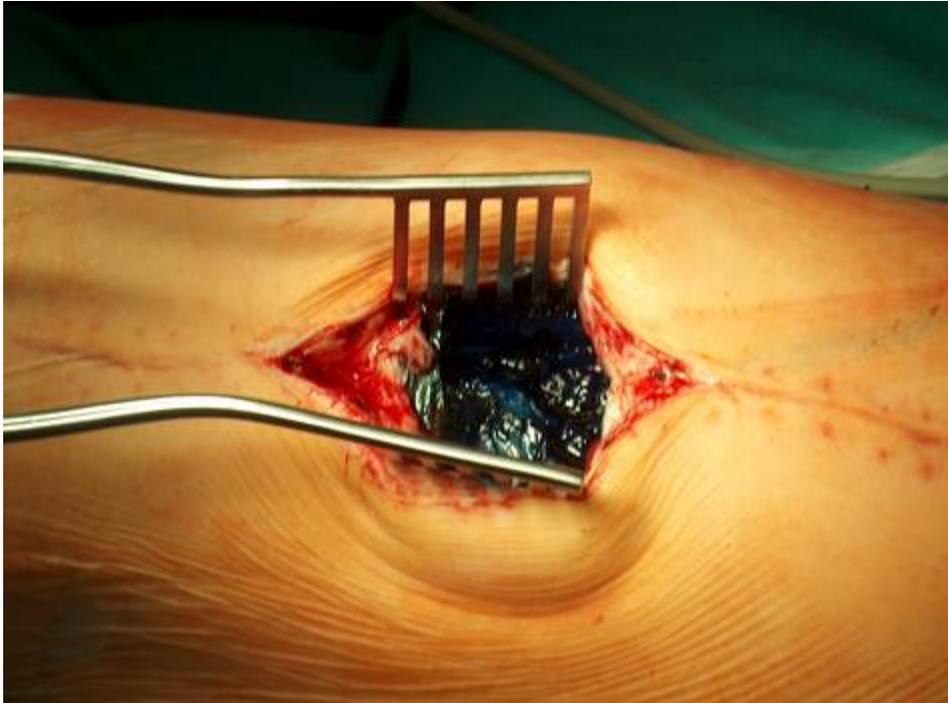


Abb. 3.8: Initiale Darstellung der Infekt- bzw. Sekrethöhle mit Methylenblau

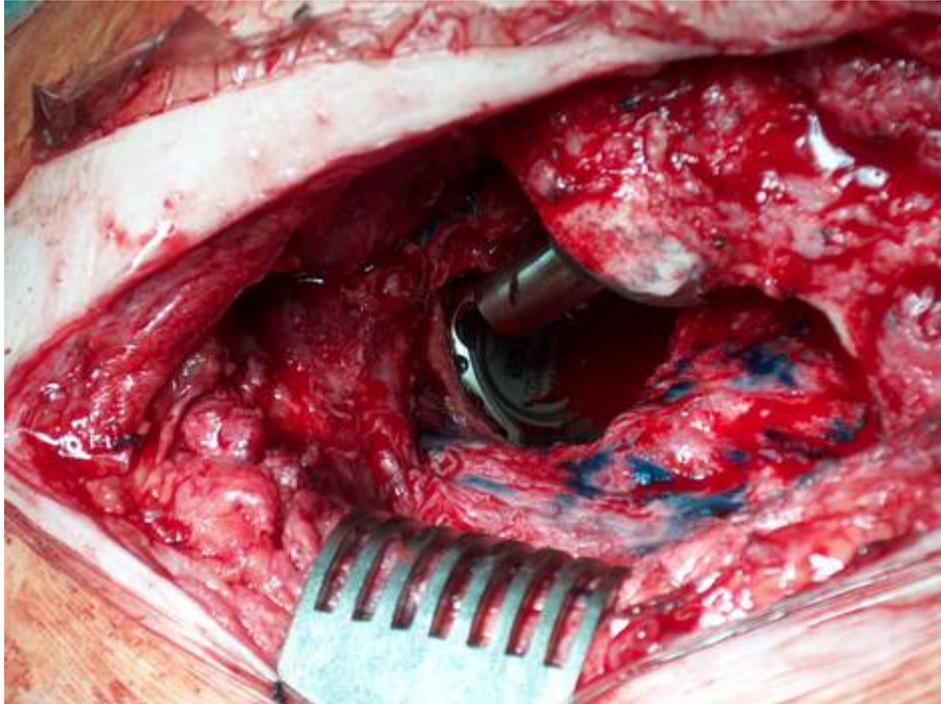


Abb. 3.9: Nach metikulösem Debridement, Nekrektomie und ausgiebiger Jet-Lavage werden austauschbare Prothesenkomponente (Pfanneninlay, Prothesenkopf) gewechselt.

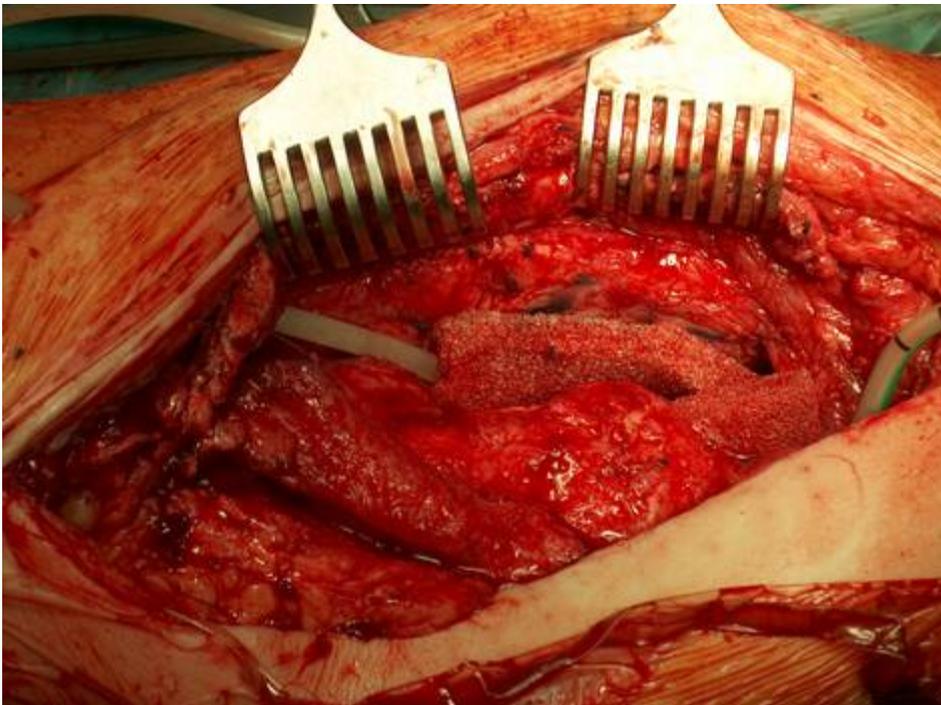


Abb. 3.10: Periprothetische Einlage von zurechtgeschnittenen Polyvinylschwämmen mit transkutaner Schlauchausleitung.



Abb. 3.11: Nach exakter anatomischer Präparation und metikulöser Rekonstruktion der Gewebeschichten kann der schichtweise, spannungsfreie Wundverschluss erfolgen, eine unabdingbare Voraussetzung zur Sogerzeugung.



Abb. 3.12: Ein initialer, kontinuierlicher Sog von 200 mm Hg wird unmittelbar postoperativ angelegt.

### 3.3 Patienten – Indikationen

Es wurden insgesamt 47 Patienten mit bakteriellen Infekten und/oder Wundheilungsstörungen des Bewegungsapparates mit der V.A.C.-Therapie behandelt. Die einzelnen Indikationen sowie Behandlungsabläufe werden unter dem Kapitel „Ergebnisse“ erläutert.

### 3.4 Postoperatives Behandlungsregime

Allen Patienten wurde postoperativ die schmerzadaptierte Mobilisation erlaubt. Bei intraoperativ nachgewiesener Keimlage konnte eine initial eingeleitete Breitspektrumantibiose auf eine resistenzgerechte umgestellt werden. Unter regelmäßigen Kontrollen der laborchemischen Entzündungsparameter sowie engmaschiger klinischer Kontrolle des infizierten Situs erfolgte der Schwammwechsel in regelmäßigen Zeitabständen.

### 3.5 Datenerhebung

Alle Patienten, welche im Zeitraum 01.01.2002 – 31.12.2005 in der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie an der Universität des Saarlandes wegen infizierten Wunden mittels V.A.C.-Therapie behandelt wurden, wurden retrospektiv mittels einer Suche im SAP Computer System erfasst und evaluiert. Grundlage zur Untersuchung bzw. Datenerhebung waren hierbei die Krankenakten sowie die im Verlauf der V.A.C.-Therapie angefertigten Ambulanzakten der Patienten.

Dokumentiert wurden in allen Fällen:

- Alter und Geschlecht der/des Patientin/-en
- Lokalisation des Infektes bzw. primäre OP-Indikation
- Zeitraum zwischen primärer OP und Infektmanifestation
- Keimspektrum
- Antibiose
- Art der Vacusealbehandlung (ambulant / stationär)
- Schwammart
- Sogmodus und -stärke
- Verwendete Pumpe
- Komplikationen während der V.A.C.-Therapie
- Anzahl der Revisionen vor und während der V.A.C.-Behandlung
- Begleiterkrankungen der / des Patientin / -en
- Follow-up.

#### **4. Ergebnisse**

Aufgrund der Inhomogenität des Patientenkollektives werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie in einem Allgemeinen und Speziellen Teil dargestellt.

##### *Allgemeiner Teil*

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurde ein Kollektiv von insgesamt 47 Patienten retrospektiv untersucht. Die Anzahl der einzelnen Diagnosen gliedert sich dabei wie folgt (Tabelle 2):

Tabelle 2:

<b>Diagnose/ Infektmanifestation</b>	<b>Areal der</b>	<b>Anzahl der Patienten</b>
Hüfte		15
Knie		12
Achillessehne		4
Wirbelsäule		4
Unterschenkel		4
Oberschenkel		2
Oberes Sprunggelenk (OSG)		2
Fuß		2
Schulter		1
Ellenbogen		1

Über die spezifischen Details bezüglich dieser einzelnen Gruppen wird im Speziellen Teil berichtet.

Unter den 47 Patienten befanden sich insgesamt 19 Frauen (mittleres Alter 64,5 J. [36 - 84], mittlerer Body-Maß-Index 24,5 [19,1 – 31,2]) und 28 Männer (mittleres Alter 54,1 J. [16 - 80], mittlerer Body-Maß-Index 25,5 [20,0 – 38,3]). Bei den 47 Patienten wurden insgesamt 59 V.A.C.-Zyklen durchgeführt.

Ein PU-Schwamm kam in vier V.A.C.-Anlagen zum Einsatz, während der Polyvinylalkoholschwamm 28mal verwendet wurde. In weiteren 24 Fällen war die Art des Schwammmaterials aus den Akten nicht mehr zu ermitteln und in 3 Fällen wurde eine Kombination des schwarzen Polyurethanschwammes und des weißen Polyvinylalkoholschwammes verwendet.

In den meisten Fällen (18 / 59) wurde die Therapie mit einem Initialsog von 100 mmHg eingeleitet. In 15 Fällen wurde die Therapie mit einem Sog von 125 mmHg begonnen, in 9 Fällen mit einem Sog von 150 mmHg. In weiteren 9 Fällen betrug der Initialsog 200 mmHg. Davon wurde bei 7 Fällen nach 2-3 Tagen eine Reduktion des Soges auf 150 mmHg vorgenommen, nachdem nach 48 bis 72 Stunden postoperativ ein Übergang von hämorrhagischem zu serösem Sekret beobachtet wurde.

In einem Fall wurde ein Sog von 175 mmHg angelegt. In sieben Fällen konnte die Stärke des initial angelegten Soges nicht evaluiert werden.

Die Mini-VAC kam bevorzugt zum Einsatz (35 / 59 Fälle), vermutlich durch die dadurch verbesserte Mobilität der Patienten bedingt, gefolgt von 13 Einsätzen der VAC-Freedom Pumpe und einem Einsatz der VAC-ATS Pumpe. In 10 Fällen konnte die Art der verwendeten Pumpe nicht mehr ermittelt werden. 49 Fälle wurden unter stationären Bedingungen saniert, während 2 Fälle ambulant behandelt werden konnten. In 7 Fällen erfolgte die Therapie sowohl stationär als auch ambulant, was sich daraus erklären lässt, dass nach Anlage des Sogsystems unter stationären Bedingungen und initialer Wundsanierung bzw. -konditionierung die Weiterbehandlung ambulant erfolgen konnte. Hierbei kam die Mini-VAC sechsmal zum Einsatz, die VAC-Freedom Pumpe einmal. In einem weiteren Fall konnte nicht mehr nachvollzogen werden, wie die Therapie erfolgte. Das durchschnittliche Follow-up des gesamten Patientenkollektives betrug 24,5 Monate (Minimum: 3 Monate; Maximum: 51 Monate).

Diagramm 4.1: Alter (gesamt)

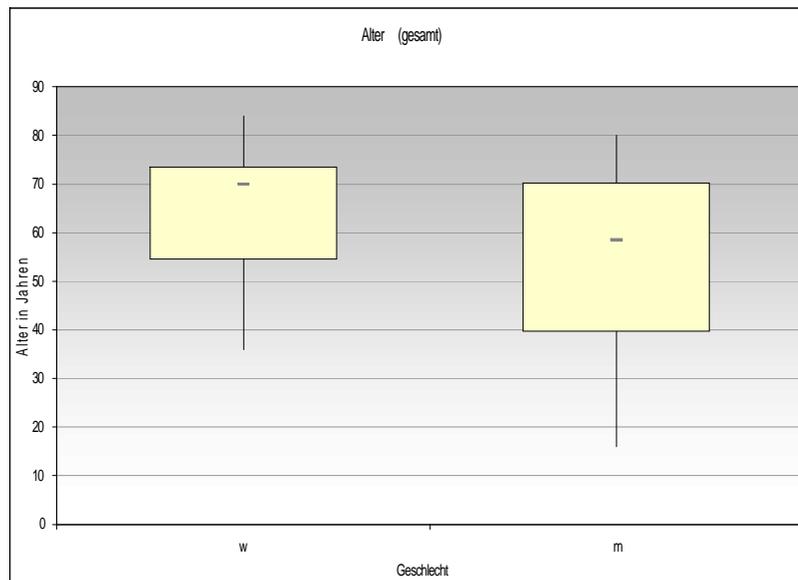


Diagramm 4.2: BMI (kg/m<sup>2</sup>) (gesamt)

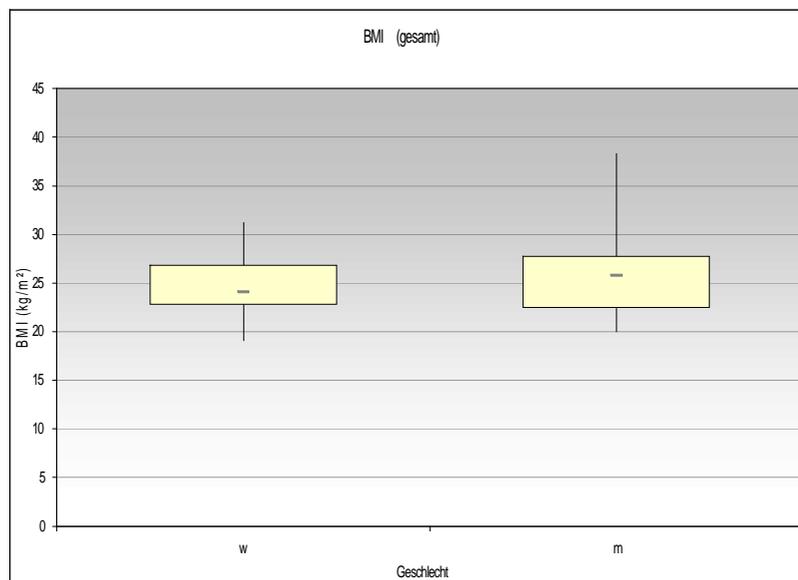


Diagramm 4.3: verwendete Schwämme

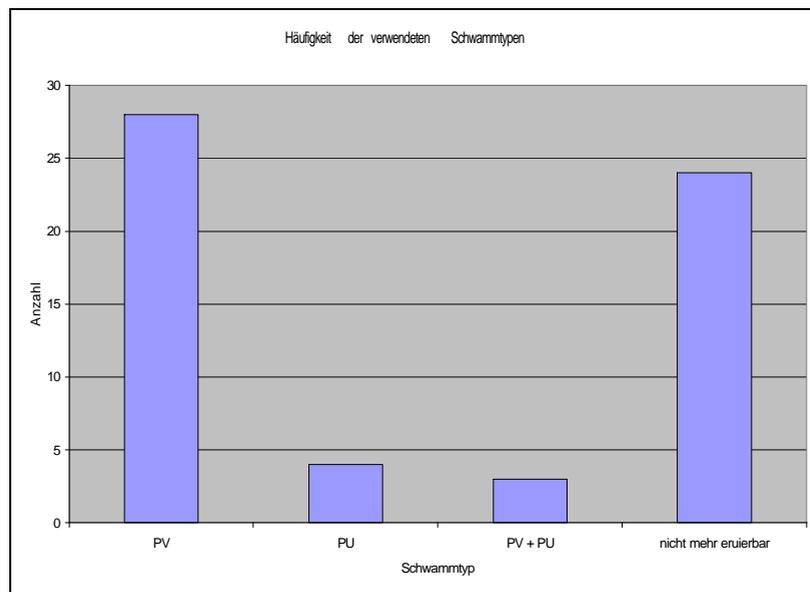


Diagramm 4.4: verwendete Geräte

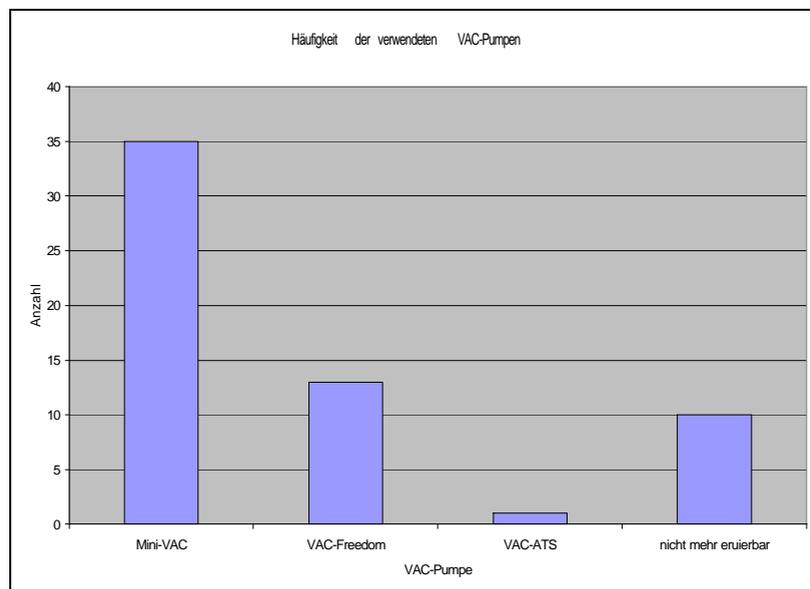
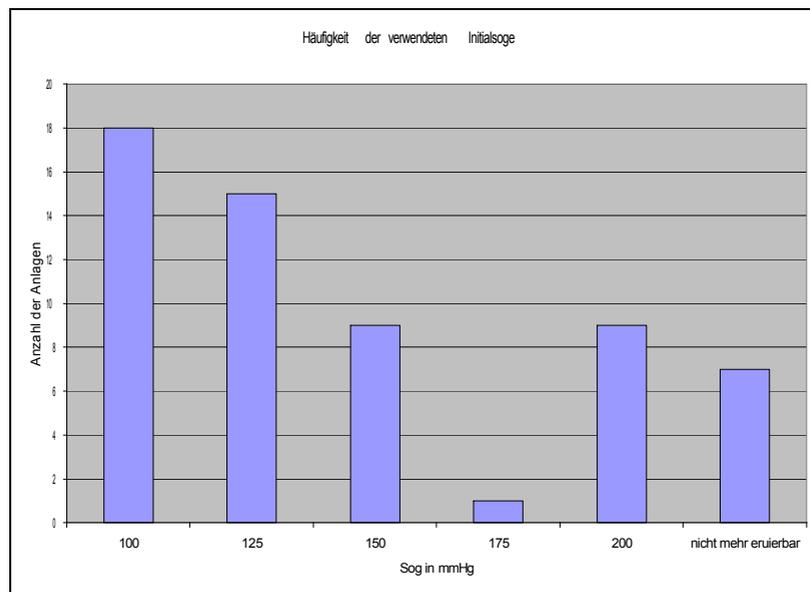


Diagramm 4.5: verwendeter Initialsog



## Spezieller Teil

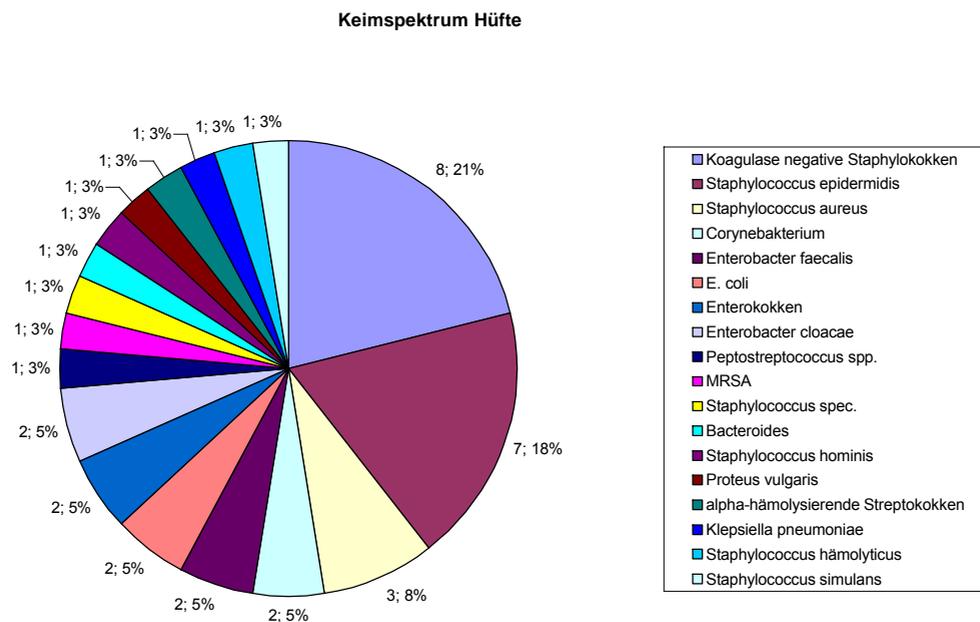
### 4.1 Hüfte:

Die Diagnose „Hüftgelenksinfekt“ stellt mit einer Anzahl von 15 Patienten, davon neun weiblich und sechs männlich, das zahlenmäßig größte Patientenkollektiv innerhalb dieser Arbeit dar. Das Durchschnittsalter dieser Patientengruppe liegt bei 69,7 Jahren [48 Jahre – 84 Jahre] bei einem Durchschnittsgewicht von 71,8 kg [50 kg – 100 kg] und einer durchschnittlichen Körpergröße von 167,1 cm [155 cm – 187 cm].

Bezüglich der Primäroperation handelt es sich um eine primäre Hüftendoprothetik bei Coxarthrose rechts (5x) und links (6x) sowie Zustand nach Pfannen- bzw. TEP- Wechsel (2x). Die durchschnittliche Anzahl der Revisionen vor Anlage der V.A.C.-Therapie betrug bei diesem Patientenkollektiv 1,4 [0 – 3].

Die durchschnittliche Dauer zwischen der primären Operation und dem Auftreten einer Infektmanifestation bzw. dem Auftreten von Wundheilungsstörungen betrug bei diesem Patientenkollektiv 211,8 Tage [7 Tage – 1460 Tage].

Das Keimspektrum gliedert sich hierbei folgendermaßen:



Die folgenden Diagramme geben Aufschluss darüber, welche V.A.C.-Geräte, welche Art der Druckapplikation, welche Druckhöhe und welche Schwammart bei Patienten mit der Diagnose „Hüftgelenksinfekt“ verwendet wurden:

Diagramm 4.1.1: verwendete V.A.C.-Geräte

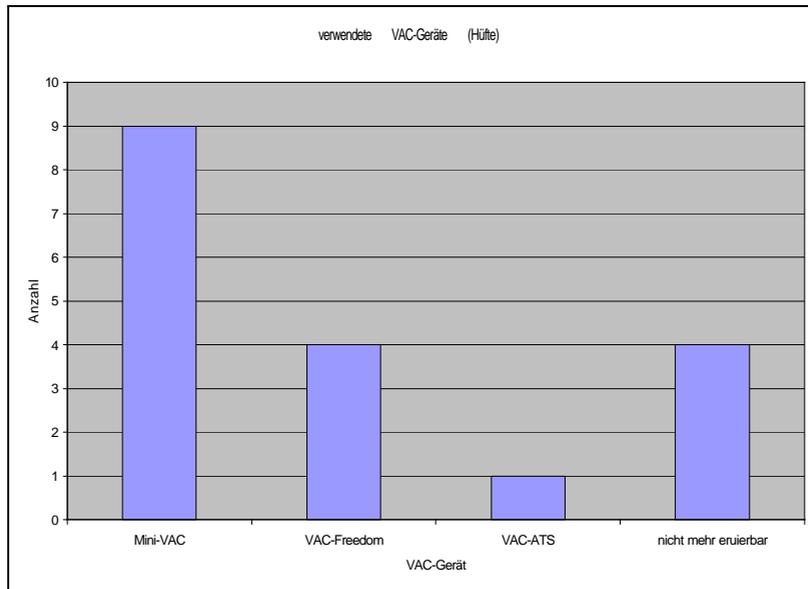


Diagramm 4.1.2: angewandte Druckart

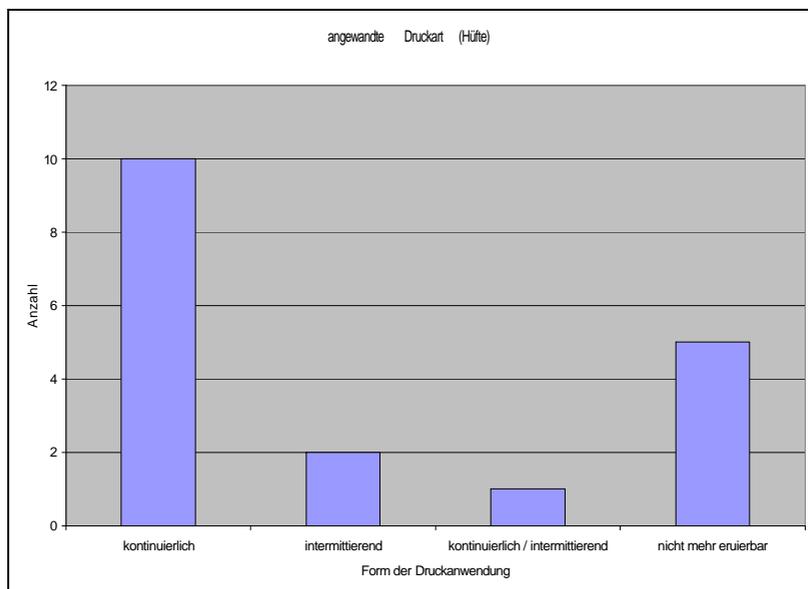


Diagramm 4.1.3: verwendete Druckhöhe

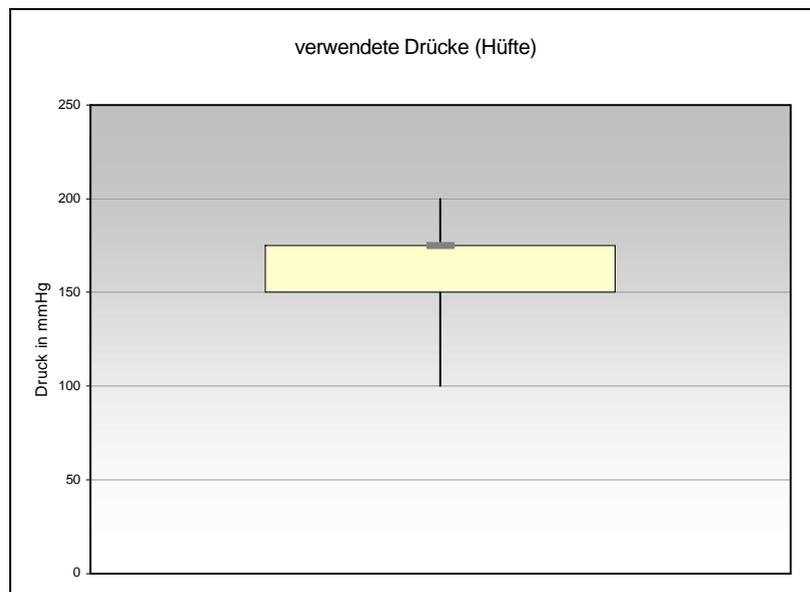
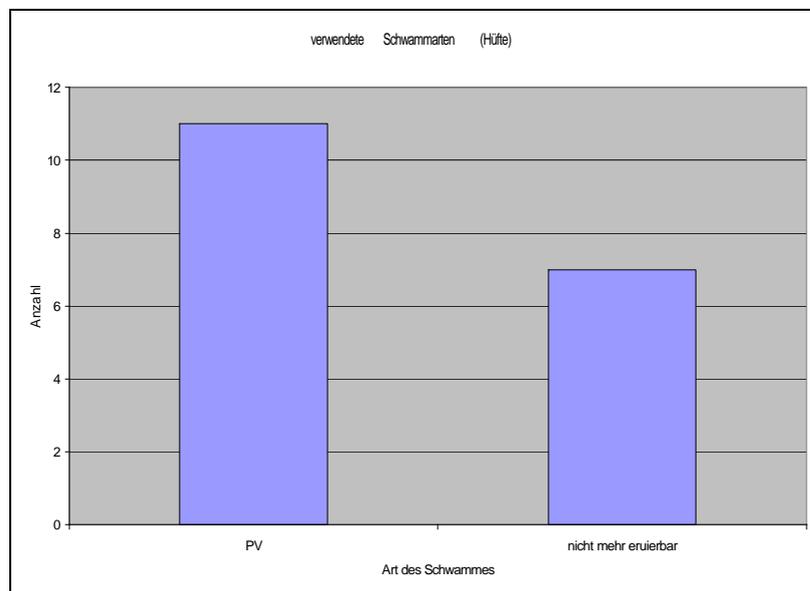


Diagramm 4.1.4: verwendete Schwammart



Wie den Diagrammen zu entnehmen ist, wurden insgesamt 3 verschiedene Gerätetypen zur Erzeugung des Unterdruckes eingesetzt. Neun Mal das Mini-VAC Gerät, vier Mal

das VAC-Freedom Gerät sowie ein Mal ein VAC-ATS Gerät. Weitere vier Mal wurden Geräte aus den genannten Gerätetypen verwendet (aus den Unterlagen geht nicht exakt hervor, um welchen Gerätetyp es sich gehandelt hat). Es wurde vor allem ein kontinuierlich applizierter Sog angelegt, nämlich in 10 von 18 Fällen. In vier der 18 Fälle war den Akten nicht zu entnehmen, ob ein kontinuierlicher oder ein intermittierender Sog angelegt wurde. Während zweier Anlagen wurde ein intermittierender Sog angelegt und lediglich einmal erfolgte ein Wechsel zwischen kontinuierlichem und intermittierendem Sog. Die verwendeten Drücke lagen zwischen einem Minimum von 100 mmHg und einem Maximum von 200 mmHg bei einem Mittelwert von 161,0 mmHg.

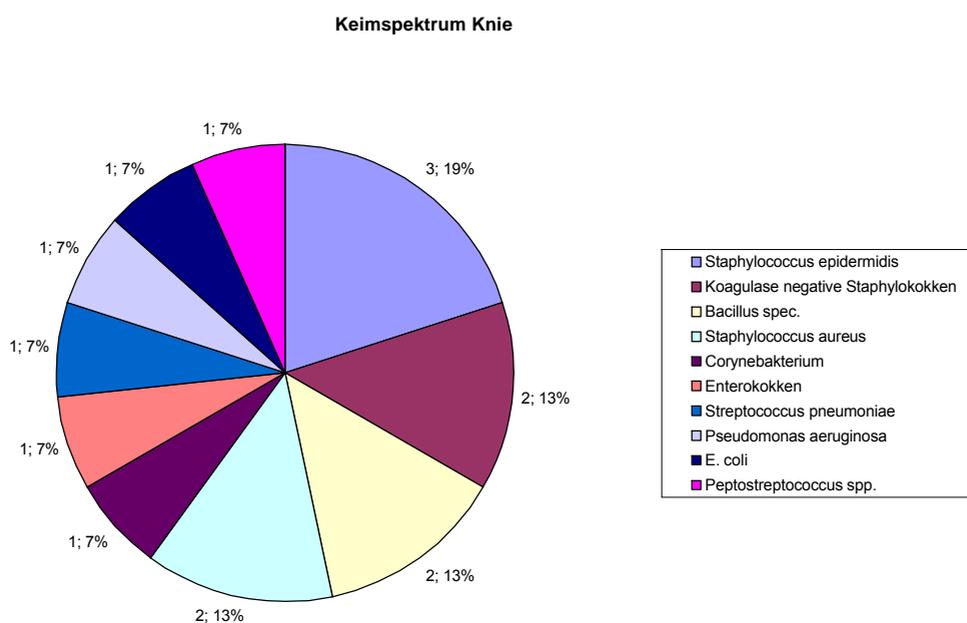
In 11 von 18 Fällen wurde bei diesem Patientenkollektiv ein weißer Polyvinylalkohol-Schwamm verwendet; in sieben Fällen konnte die Art des verwendeten Schwammes nicht eruiert werden. Der Einsatz der V.A.C.-Therapie erfolgte bei den Patienten mit Hüftgelenksinfekten ausschließlich stationär und dauerte durchschnittlich 15,4 Tage (Minimum 8 Tage; Maximum 39 Tage). Während der Anwendung des V.A.C.-Systems konnten in 2 Fällen Komplikationen beobachtet werden. Bei einer weiblichen Patientin mit Leberinsuffizienz und Thrombozytopenie trat am 8. postoperativen Tag eine zunehmende Förderung von hämorrhagischem Sekret auf, so dass die PU-Schwämme ausgebaut werden mussten, wobei allerdings der Infekt zum Ausheilen kam.

Bei einer weiteren Patientin mit einer multibakteriellen Infektion (*E. cloacae*, *Corynebakterium*, *S. epidermidis*, *S. hominis*, MRSA (Methicillin-resistenter *S. aureus*)) und einem Pilzinfekt (*C. albicans*) kam es trotz 8 V.A.C.-Einlagen zu einer Infektpersistenz, so dass schließlich die Prothese explantiert und ein Gentamicin-Vancomycin-beladener Hüftspacer eingebaut wurde. Nach gesicherter Infektsanierung konnte der Spacer 3 Monate später explantiert und die neue Endoprothese reimplantiert werden. In einem weiteren Follow-up von 14 Monaten ist die Patientin infektfrei.

Unterstützend zur V.A.C.-Behandlung wurden alle Patienten mit einer resistenzgerechten Antibiose therapiert. Insgesamt kam es bei der Anwendung des V.A.C.-Systems in dem untersuchten „Hüftgelenksinfekt“- Patientenkollektiv bei einem gesamten Follow-up von durchschnittlich 21,4 Monaten [9 Monate – 46 Monate] zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz.

## 4.2 Knie:

Unter die Diagnose „Kniegelenksinfekt“ entfällt ein Kollektiv von 11 Patienten (5 weibliche und 6 männliche Patienten). Zu den primären OP-Indikationen gehören die primäre Knieendoprothetik (4 x rechts, 2 x links, 1 x Seite nicht mehr eruierbar), Ruptur der Kreuzbänder und der Kollateralbänder (1x), Implantation einer Tumorprothese (2x) und Zustand nach Verbrennung und konsekutiver frustraner Meshgraft-Deckung mit Entwicklung einer Osteomyelitis der linken Patella mit Patellectomie (1x). Im Mittel waren die Patienten 63 Jahre alt [25 Jahre – 80 Jahre] bei einem gemittelten Körpergewicht von 70,27 kg [54 kg – 97 kg] und einer Durchschnittsgröße von 166,9 cm [145 cm – 188 cm]. Vor Beginn der V.A.C.-Therapie betrug die durchschnittliche Anzahl der Revisionen pro Patient 1,9 [0 – 6]. Die durchschnittliche Dauer zwischen der primären Operation und dem Auftreten einer Infektmanifestation bzw. dem Auftreten von Wundheilungsstörungen betrug 231,9 Tage [1 Tag – 1095 Tage]. In acht der elf Fälle wurde die Vakuumbehandlung ausschließlich stationär durchgeführt, in einem Fall lediglich ambulant und in zwei Fällen wurde die Behandlung zunächst stationär eingeleitet und anschließend ambulant fortgeführt. Die während der V.A.C.-Therapie entnommenen bakteriologischen Proben ergaben folgendes Keimspektrum:



Der für die V.A.C.-Therapie notwendige Unterdruck wurde bei diesem Patientenkollektiv durch zwei verschiedene Gerätetypen aufgebaut.

In fünf von 13 unterschiedlichen V.A.C.-Anlagen wurde das Mini-VAC-System verwendet, in weiteren 4 Fällen das VAC-Freedom-System und in 4 Fällen konnte der verwendete Gerätetyp nicht mehr eruiert werden.

Mittels dieser Gerätetypen wurde in acht von 13 Fällen ein kontinuierlicher Sog und in zwei Fällen ein intermittierender Sog aufgebaut. Bei den verbleibenden drei Anlagen ist die Art des angewandten Druckes unbekannt. Die Höhe des verwendeten Unterdruckes schwankte zwischen einem Minimum von 100 mmHg und einem Maximum von 175 mmHg bei einem Mittelwert von 109,4 mmHg.

In sechs von 13 Fällen, konnte über die verwendete Schwammart (Polyvinylalkohol- oder Polyurethanschwamm) keine Information aus den Krankenakten entnommen werden. Bei den verbleibenden sieben V.A.C.-Anlagen ergab sich folgende Verteilung der verwendeten Schwämme: vier Mal wurde ein PV-Schwamm verwendet, zwei mal ein PU-Schwamm und einmal sowohl PV- als auch PU-Schwämme verwendet.

Die Gesamtdauer der V.A.C.-Anlage betrug bei diesem Patientenkollektiv durchschnittlich 29,5 Tage (Minimum 8 Tage; Maximum 100 Tage).

Auch hier erfolgte bei allen Patienten zusätzlich zur V.A.C.-Therapie eine resistenzgerechte Antibiose.

Bei einem gesamten Follow-up von durchschnittlich 23,8 Monaten [6 Monate – 51 Monate] kam es zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz.

Die Diagramme 4.2.1 bis 4.2.4 verdeutlichen noch einmal graphisch die Verteilung der verwendeten V.A.C.-Geräte, der angewandten Druckart (kontinuierlich oder intermittierend), der verwendeten Drücke sowie der zur Anwendung gekommenen Schwammarten (PV- oder PU-Schwamm).

Diagramm 4.2.1: verwendete V.A.C.-Geräte

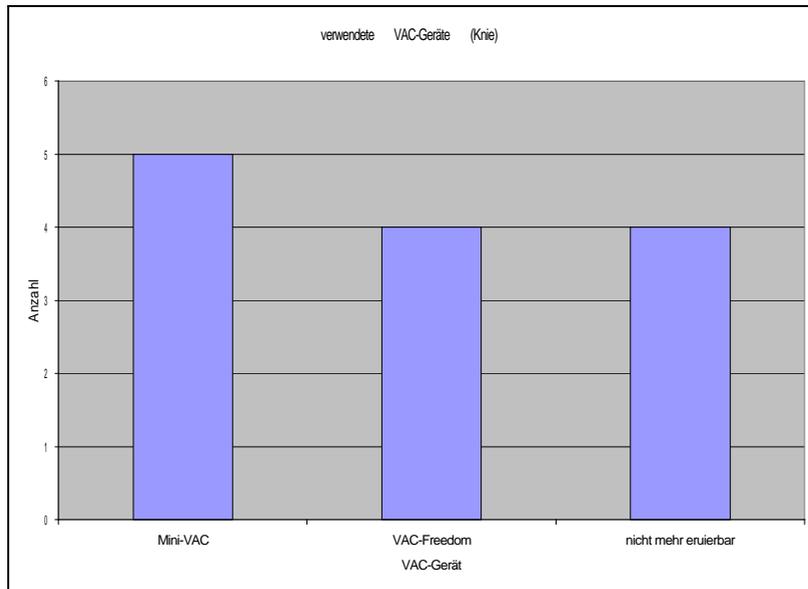


Diagramm 4.2.2: angewandte Druckart

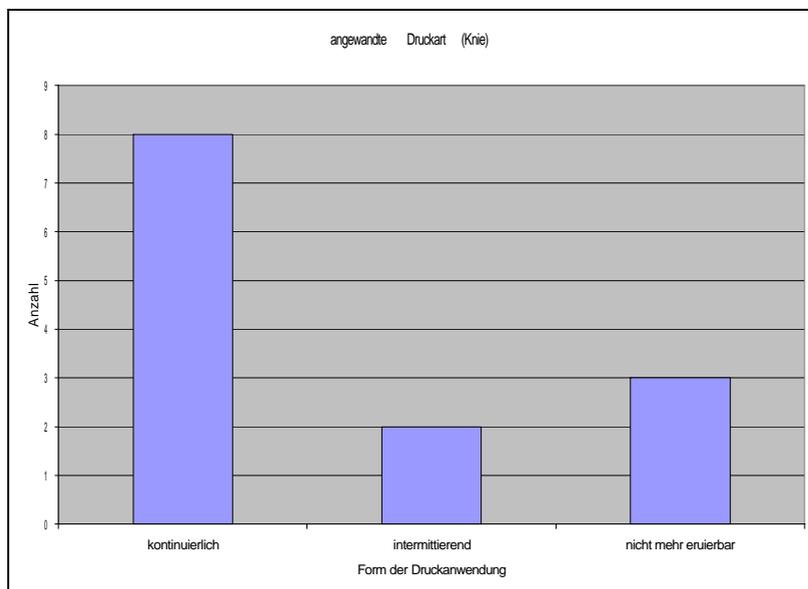


Diagramm 4.2.3: verwendete Druckhöhe

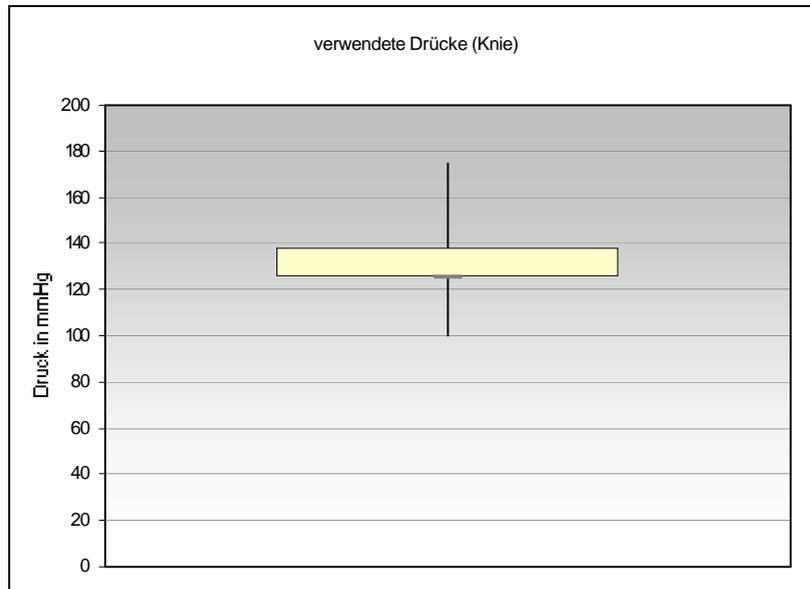
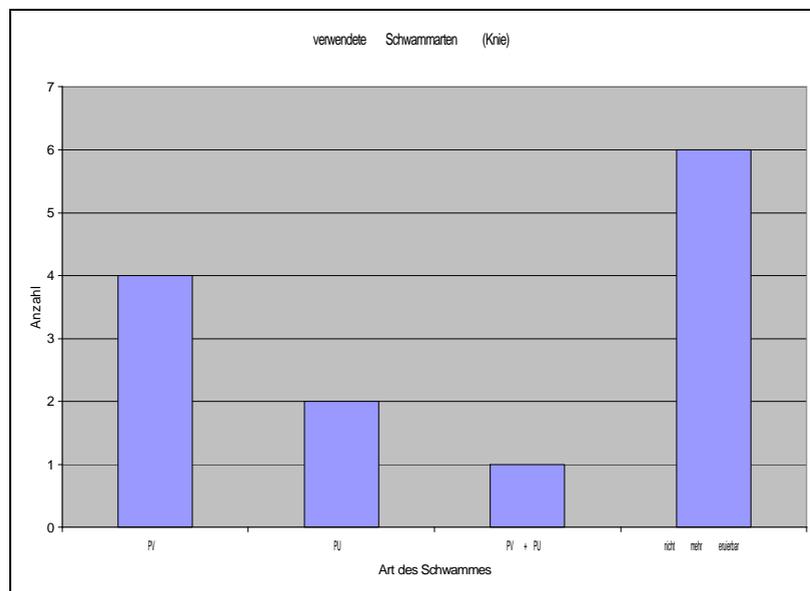


Diagramm 4.2.4: verwendete Schwammart



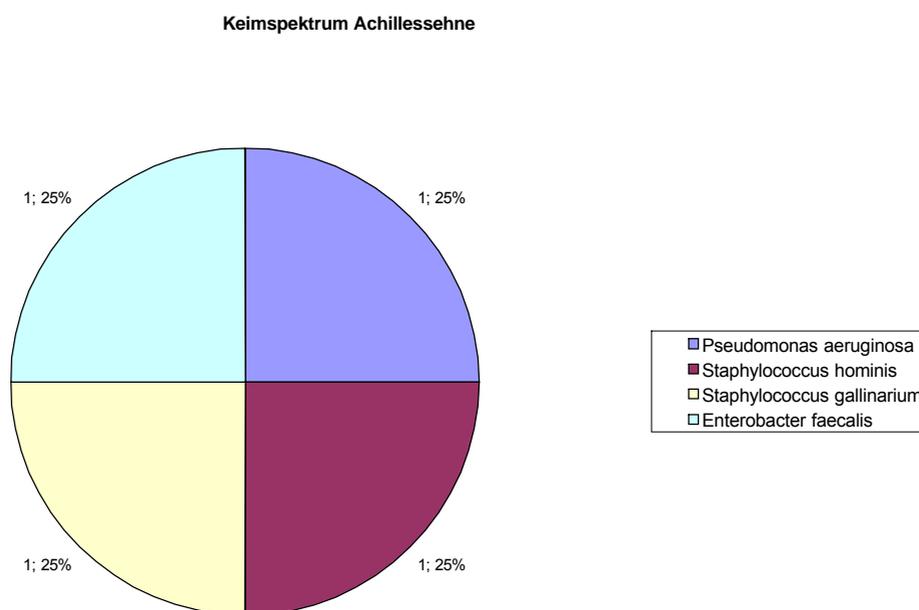
### 4.3 Achillessehne:

Vier, ausschließlich männliche Patienten, fielen unter die Diagnose „Infekt im Bereich der Achillessehne“. Zum Zeitpunkt der Operation hatten sie ein mittleres Alter von 46,3 Jahren [20 Jahre– 66 Jahre] bei einem durchschnittlichen Gewicht von 74,8 kg [61 kg - 91 kg] und einer Durchschnittsgröße von 181,8 cm [173 cm - 187 cm].

Drei Patienten wurden aufgrund eines Spätinfektes nach offener operativer Rekonstruktion einer Achillessehnenruptur mit der vacuum-assisted-closure-Therapie behandelt, der vierte Patient aufgrund eines Zustands nach Verkehrsunfall mit periachillärem Abszess im Karger`schen Dreieck mit Weichteildefekt und Fersenbeinosteomyelitis.

Im Mittel betrug die Anzahl der Revisionen vor Beginn der V.A.C.-Behandlung 1,5, wobei bei drei Patienten zuvor jeweils zwei Revisionen und bei einem Patienten keine Revision durchgeführt wurde.

Zu Beginn und während der Therapie entnommene Proben wurden ebenfalls mikrobiologisch untersucht und ergaben das nachstehende Keimspektrum:



Auch bei diesen vier Patienten erfolgte eine zusätzliche resistenzgerechte Antibiose. Die durchschnittliche Dauer zwischen primärer Operation und dem Auftreten einer Infektmanifestation bzw. von Wundheilungsstörungen betrug bei diesen Patienten 270,8 Tage [7 Tage – 900 Tage]. Die Behandlung mittels V.A.C. wurde bei diesen vier Patienten unter Verwendung zweier Mini-VAC Geräte, eines VAC-Freedom Gerätes und eines nicht mehr zu eruierten Gerätes in drei Fällen stationär und in einem Fall sowohl stationär als auch ambulant durchgeführt und dauerte durchschnittlich 39,8 Tage (Minimum 20 Tage; Maximum 95 Tage). In zwei Fällen erzeugten die Geräte einen kontinuierlichen Sog und je einmal einen intermittierenden bzw. kontinuierlichen und intermittierenden Sog (s. Diagramme 4.3.1 und 4.3.2)

Diagramm 4.3.1: verwendete V.A.C.-Geräte

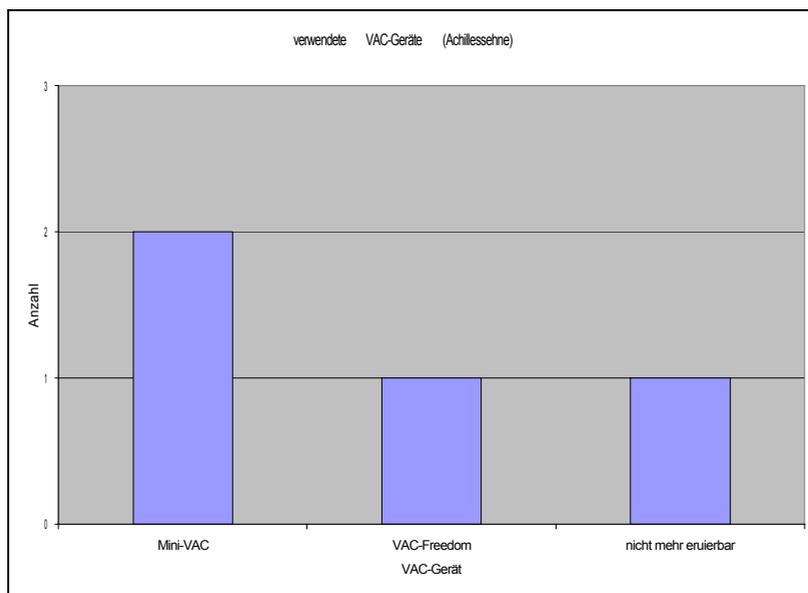
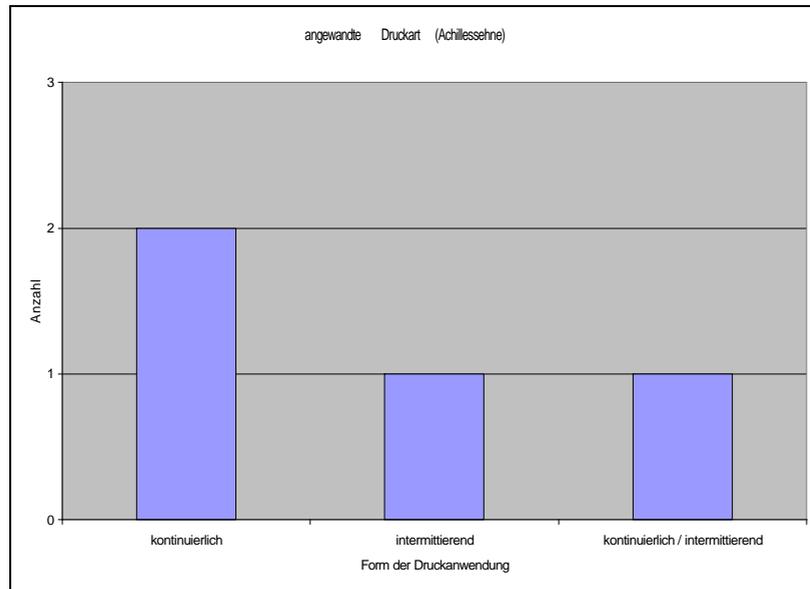


Diagramm 4.3.2: angewandte Druckart



Die angelegte Sogstärke, welche über zwei Polyvinylschwämme, einen Polyurethanschwamm und einen nicht mehr zu eruiierenden Schwamm auf die Wundfläche übertragen wurde, schwankte bei diesem Kollektiv zwischen 100 mmHg und 125 mmHg bei einem Mittelwert von 109,5 mmHg (siehe Diagramme 4.3.3 und 4.3.4).

Diagramm 4.3.3: verwendete Druckhöhe

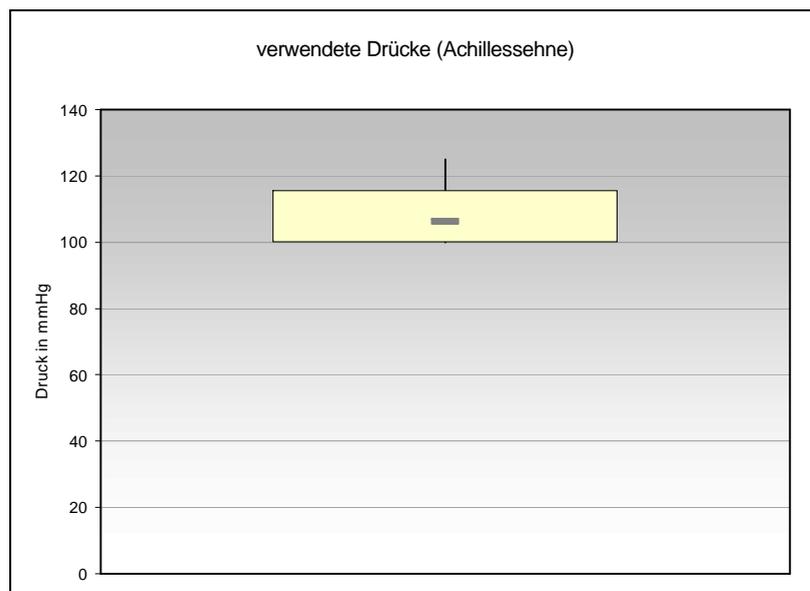
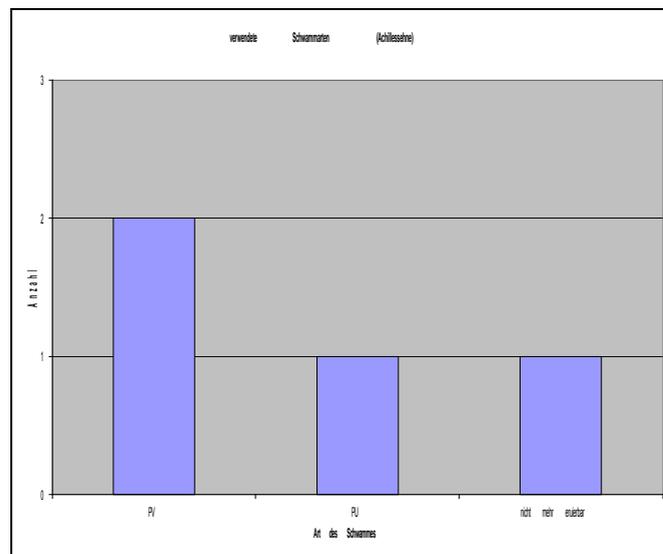


Diagramm 4.3.4: verwendete Schwammart



Bei der Anlage des Systems im Bereich der Achillessehne kam es in einem gesamten Follow-up von durchschnittlich 17 Monaten [5 Monate – 49 Monate] ebenfalls zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz.

#### 4.4 Wirbelsäule:

Die Entwicklung eines infizierten Hämatoms nach Excision eines Weichteiltumors links paravertebral im Bereich der Lendenwirbelsäule, eine putride Fistel bei Zustand nach einer Skolioseoperation, ein Zustand nach dorsaler Dekompression bei metastasierendem Mamma-Karzinom sowie die Entwicklung eines präsakralen Ulkus bei Zustand nach Querschnittssymptomatik stellen die primären OP-Indikationen des Patientenkollektives dar, welches drei Frauen und ein Mann bilden, die sich unter der Diagnose „Wirbelsäuleninfektion“ zusammenfassen lassen.

Das Durchschnittsalter dieser Patientengruppe liegt bei 38,8 Jahren [30 Jahre – 49 Jahre] bei einem Durchschnittsgewicht von 57,8 kg [55 kg – 60 kg] und einer durchschnittlichen Körpergröße von 164,8 cm [160 cm – 170 cm].

Bei zwei der Patienten wurde vor Beginn der Vakuumtherapie je eine chirurgische Revision durchgeführt, bei den anderen beiden Patienten hingegen keine.

Die Dauer zwischen primärer Operation und der Infektmanifestation betrug bei diesen vier Wirbelsäulenpatienten durchschnittlich 7,1 Jahre [21 Tage – 22 Jahre].

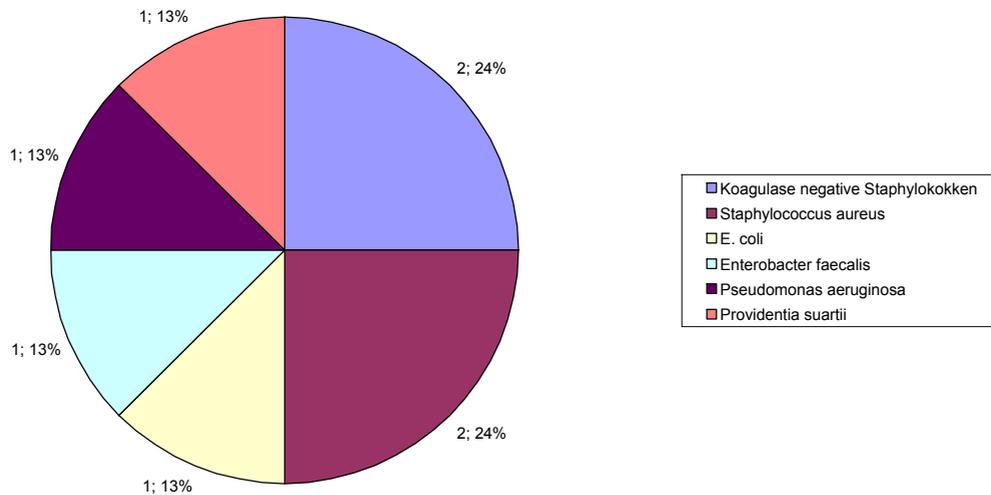
Der Unterdruck wurde jeweils zweimalig mittels eines Mini-VAC- und eines VAC-Freedom-Gerätes aufgebaut und betrug in einem Fall 100 mmHg und in den restlichen drei Fällen je 125 mmHg. Der applizierte Sog wurde in zwei Behandlungen über die gesamte Dauer kontinuierlich angewendet, einmal erfolgte ein Wechsel von kontinuierlichem auf intermittierenden Sog und einmal ist die Art des angewandten Soges nicht mehr aus den Akten zu entnehmen gewesen.

Als Schwammmaterialien wurde in zwei der vier Therapiezyklen der weiße Polyvinylalkoholschwamm verwendet, einmal sowohl Polyvinyl- als auch Polyurethanschwamm und einmal lediglich der schwarze Polyurethanschwamm (s. Diagramm 4.4.4).

Die Dauer der einzelnen Anwendungen der V.A.C.-Therapie, von denen drei stationär und eine sowohl stationär als auch ambulant durchgeführt wurden, betrug bei diesem Kollektiv durchschnittlich 36,3 Tage (5 bis 116 Tage) wobei ein Wechsel des Systems durchschnittlich alle 7,6 Tage (5 bis 11 Tage) vorgenommen wurde.

Auch bei diesen Patienten wurden vor und während der Vacusealbehandlung in regelmäßigen Abständen Wundabstriche bzw. Gewebeproben auf eine bakteriologische Besiedlung hin untersucht. Das Keimspektrum umfasst, wie aus dem unten stehenden Kreisdiagramm zu entnehmen ist, Staphylokokkus aureus (2maliger Nachweis), Koagulase - negative Staphylokokken (2x), E. coli, Enterobacter faecalis, Pseudomonas aeruginosa und Providentia suartii (je 1x). Eine adäquate resistenzgerechte antibiotische Therapie wurde zusätzlich zur V.A.C.-Behandlung bei allen vier Patienten durchgeführt.

### Keimspektrum Wirbelsäule



Hier kam es in einem gesamten Follow-up von durchschnittlich 23 Monaten [3 Monate – 42 Monate] zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz.

Die nachfolgenden Diagramme verdeutlichen noch einmal, welche V.A.C.-Geräte, welche Art der Druckanwendung, welche Druck- bzw. Sogstärke und welche Schwammmaterialien bei dieser Gruppe zum Einsatz kamen:

Diagramm 4.4.1: verwendete V.A.C.-Geräte

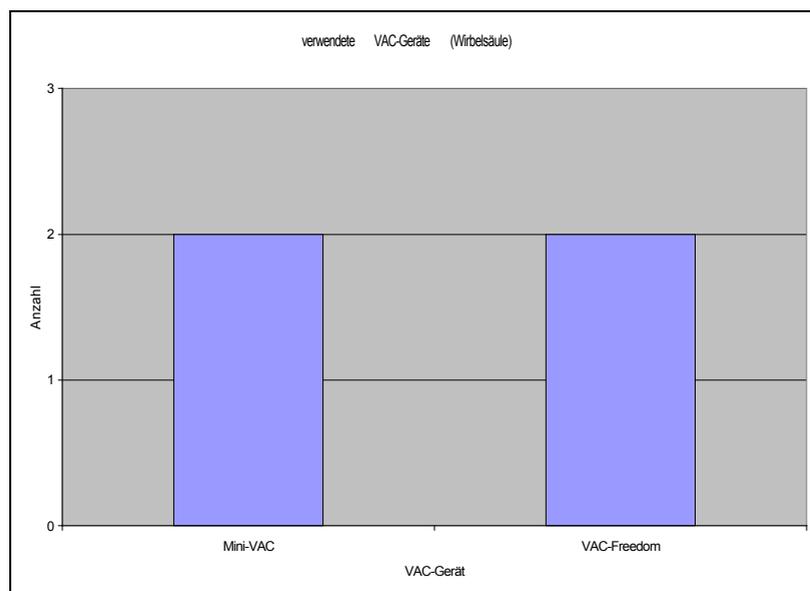


Diagramm 4.4.2: angewandte Druckart

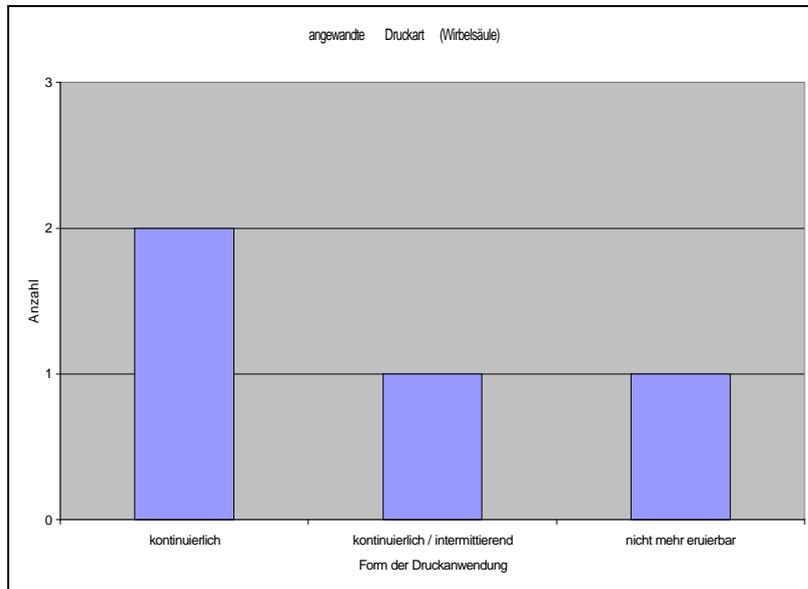


Diagramm 4.4.3: verwendete Druckhöhe

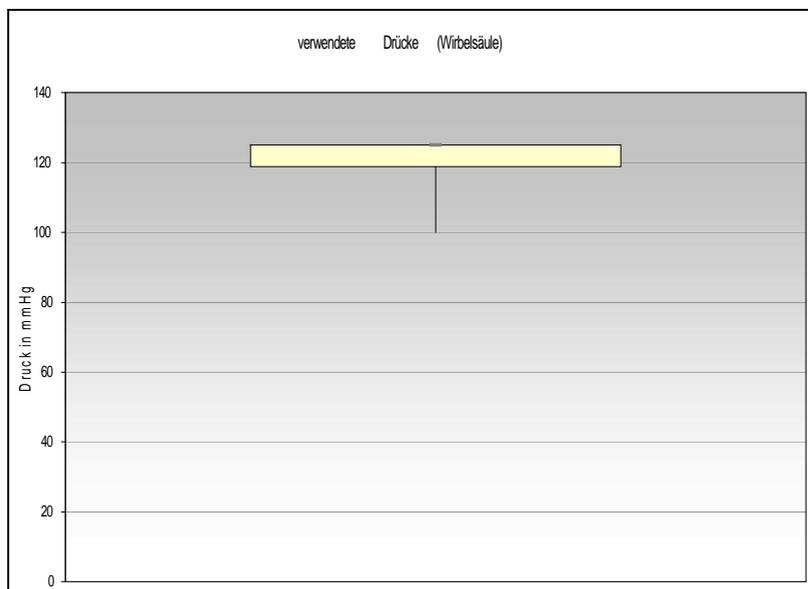
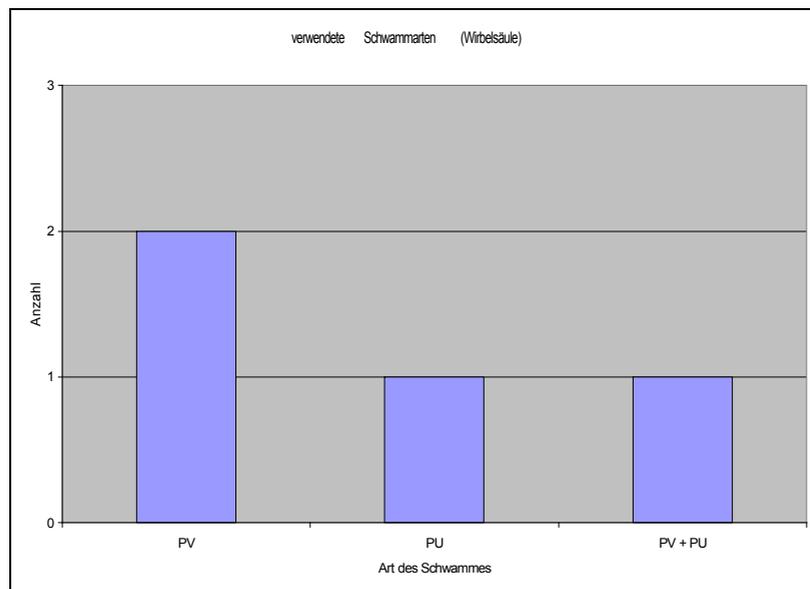


Diagramm 4.4.4: verwendete Schwammart



#### 4.5 Unterschenkel:

Hierunter fallen ebenfalls vier männliche Patienten im Alter von 16 bis 67 Jahre bei denen die V.A.C.-Therapie insgesamt sieben Mal zum Einsatz kam.

Das Gewicht in diesem Patientenkollektiv beträgt im Mittel 85,0 kg [72 kg – 91 kg] und einer durchschnittlichen Größe von 184,0 cm [178 cm – 193 cm].

Revisionen vor Beginn der Vakuumbehandlung wurden lediglich bei einem Patienten aus dieser Gruppe durchgeführt, wobei die genaue Anzahl der Revisionen anhand der Akten nicht genau ersichtlich war. Die Dauer zwischen den Primäroperationen und den Infektmanifestationen betrug durchschnittlich 64,0 Tage [14 Tage – 150 Tage].

Die primär behandlungsbedürftigen Indikationen innerhalb dieses kleinen Kollektivs reichen vom postoperativen Kompartmentsyndrom mit Fascienspaltung und anschließender Wundheilungsstörung im Bereich des Unterschenkels bis hin zu tumorösen Neubildungen. Die bakteriellen Untersuchungen von Gewebeproben aus dem Bereich der Wundheilungsstörungen (Wundabstriche) bzw. dem Anwendungsbereich der V.A.C.-Therapie zeigten ein Erregerspektrum bestehend aus *Stenotrophomonas maltophilia* (1 x), *Staphylokokkus aureus* (2 x), *Staphylokokkus*

epidermidis (1 x), Koagulase- negativen Staphylokokken (2 x), alpha – hämolysierenden Streptokokken und Peptostreptokokkus spp. (bei je 1 Patienten).

Zusätzlich zu den insgesamt sieben V.A.C.-Behandlungen dieser Diagnosegruppe, welche in fünf Fällen ausschließlich stationär und in zwei Fällen sowohl stationär als auch ambulant durchgeführt wurden und durchschnittlich 20,3 Tage andauerten (Minimum 4 Tage; Maximum 46 Tage), wurde bei den einzelnen Patienten eine resistenzgerechte antibiotische Therapie eingeleitet.

Mittels sechs Mini-VAC Systemen und einem VAC-Freedom System wurden Unterdrücke zwischen 100 mmHg und 160 mmHg (Mittelwert 117,5 mmHg) angewandt, die in sechs der sieben Anwendungen kontinuierlich appliziert wurden. In einem Fall ist die Art des Soges aus den Akten nicht eruierbar gewesen.

Die Wunde bzw. die Wundfläche wurde in zwei Fällen mittels PV-Schwamm und in einem Fall sowohl mit PV- und PU-Schwamm ausgekleidet. In den restlichen vier Anwendungen fehlen Angaben über das verwendete Schwammmaterial in den Krankenakten.

Hier kam es in einem gesamten Follow-up von durchschnittlich 27,3 Monaten [21 Monate – 38 Monate] zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz.

#### 4.6 Oberschenkel:

Unter der Diagnose „Infektion am Oberschenkel“ wurden zwei männliche Patienten im Alter von 52 und 71 Jahren mit den primären OP-Indikationen Liposarkomexzision sowie Zustand nach proximaler Femurfraktur mittels der vacuum-assisted-closure-Therapie behandelt. Die Körpergröße und das Körpergewicht dieser Patienten lagen bei 172 cm und 177 cm bzw. zwischen 70 kg und 100 kg.

Bei beiden Fällen wurde vor Anlage des Vacusealsystems bereits eine chirurgische Revision der nach vier Monaten bzw. sechs Tagen aufgetretenen Wundheilungsstörungen durchgeführt. Bei den in der Wunde mittels Wundabstrich nachgewiesenen Erregern handelt es sich hierbei bei einem der Patienten um eine Mischinfektion mit *S. epidermidis*, *S. hämolyticus* und *Corynebakterium*, beim anderen

Patienten um einen MRSA. Des Weiteren wurde bei einem der Männer während der V.A.C.-Therapie E. cloacae auf dem Schwammmaterial nachgewiesen.

Die parallel durchgeführte antibiotische Therapie erfolgte auch hier resistenzgerecht.

Insgesamt wurden hier drei „Zyklen“ der V.A.C.-Behandlung durchgeführt mit einer durchschnittlichen Anlagedauer von 37,0 Tagen (zwischen 16 und 48 Tagen).

Die Anlage des V.A.C.-Systems erfolgte stets stationär unter Verwendung von Mini-VAC Systemen. Diese sorgten in zwei Fällen, bei denen das V.A.C.-System jeweils acht Mal gewechselt wurde, für einen intermittierenden Sog von 100 – 125 mmHg und in einem Fall (drei V.A.C.-Wechsel) für einen Sog von 125 mmHg. Welche Schwammmaterialien bei diesen Anlagen verwendet wurden, war aus den Akten nicht ersichtlich.

Bei diesen beiden Patienten kam es in einem gesamten Follow-up von 23 bzw. 36 Monaten zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz.

#### 4.7 Oberes Sprunggelenk (OSG):

Aus einer weiblichen und einem männlichen Patienten mit den Diagnosen eines Emyems des rechten OSG bei Fußfehlstellung bzw. Z. n. operativer Versorgung einer trimalleolären Sprunggelenksfraktur besteht die Diagnosegruppe „Infektion des OSG“. Die Patienten waren 163 cm und 188 cm groß bei einem Körpergewicht von 64 kg und 100 kg und einem Lebensalter von 58 Jahren bzw. 47 Jahren. Bei diesen beiden Patienten wurden drei V.A.C.-Zyklen mit einer Gesamtdauer von 30 und 36 bzw. 13 Tagen durchgeführt (die durchschnittliche Anlagedauer beträgt daher 25,33 Tage).

Vor Beginn der Vacusealbehandlung des Emyemfalles wurden bereits zwei chirurgische Revisionen durchgeführt, wohingegen vor Beginn der V.A.C.-Behandlung der trimalleolären Sprunggelenksfraktur keine Revision stattgefunden hat.

Der Zeitraum zwischen der primären Osteosyntheseoperation der trimalleolären Sprunggelenksfraktur und dem Auftreten der Wundheilungsstörung bzw. der Infektmanifestation betrug 7 Tage. Über den Zeitraum zwischen primärer Operation und Infektmanifestation beim Emyem des rechten oberen Sprunggelenkes können nach Aktenlage leider keine Angaben gemacht werden.

Zur Durchführung der Sogtherapie wurde in allen drei V.A.C.-Anwendungen ein weißer Polyvinylalkoholschwamm verwendet. Der jeweils kontinuierlich applizierte Druck von 150 bzw. 125 mmHg wurde durch zwei Mini-VAC und ein VAC-Freedom Gerät aufgebaut. Die Behandlung des Empyems mittels V.A.C. erfolgte ausschließlich stationär bei lediglich einem Wechsel des Systems. Postoperativ entwickelte sich bei diesem Patienten eine pulmonale Insuffizienz, so dass der Patient interdisziplinär verlegt werden musste. Die V.A.C.-Therapie wurde dort zwar weiterhin fortgeführt, genauere Angaben hierüber waren aus den Akten jedoch nicht mehr zu entnehmen. Aus der Ambulanzkarte dieses Patienten geht jedoch hervor, dass keine weiteren Revisionseingriffe erforderlich waren.

Die Therapie des Infekts nach Sprunggelenksfraktur erfolgte zunächst über einen Zeitraum von 30 Tagen, während dessen 7 Wechsel des Systems stationär erfolgten, anschließend wurde die Therapie für einige Zeit ambulant weitergeführt, wobei hier genaue Angaben über Dauer und Anzahl der Wechsel des Systems fehlen. Aufgrund des Auftretens von massiven Weichteildefekten wurde etwa 4 Monate nach der ersten V.A.C.-Anlage eine zweite Anlage mit 7 weiteren Wechseln des Systems zur Wundkonditionierung über einen Zeitraum von 36 Tagen ausschließlich stationär durchgeführt. Im Anschluss an die Wundkonditionierung erfolgte bei dieser Patientin (mit bekannter Hypothyreose sowie Zustand nach chronischem Alkoholabusus) eine V.A.C.-unterstützte Meshgrafttransplantation. Der weitere Verlauf gestaltete sich komplikationslos.

Zu den durch Wundabstriche nachgewiesenen Erregern gehören bei dieser Patientengruppe neben einem MRSA auch *E. faecalis*, *Streptokokkus agalactiae*, *Corynebakterium*, *Serratia* und *S. aureus*. Auch hier erfolgte parallel zur Sogtherapie eine resistenzgerechte antibiotische Therapie.

Hier kam es in einem gesamten Follow-up von durchschnittlich 29,5 Monaten [5 Monate – 48 Monate] zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz.

#### 4.8 Fuß:

Zwei männliche Patienten im Alter von 70 und 57 Jahren, einer Körpergröße von 170 cm und 184 cm und einem Körpergewicht von 69 kg und 88 kg mit den primären OP-Indikationen Großzehengrundgelenksempyem links bei Zustand nach Sturz sowie Großzehengrundgelenksempyem bei Zustand nach offener Luxationsfraktur links und chronischer Osteomyelitis fallen unter die Diagnose „Fußinfekt“.

Der Zeitraum zwischen primärer Operation und Infektmanifestation bzw. dem Auftreten von Wundheilungsstörungen betrug bei diesen Patienten ein Jahr bzw. 7 Monate, wobei bei jedem Patienten vor Anlage des V.A.C.-Systems je eine chirurgische Revision durchgeführt wurde. Zum Aufbau des negativen atmosphärischen Druckes wurde in beiden Fällen ein Mini-VAC Gerät verwendet. Die angelegten Soge betrug 100 mmHg bzw. 125 mmHg und wurden jeweils kontinuierlich appliziert. Bei den verwendeten Schwammmaterialien handelt es sich bei dieser Gruppe um einen weißen Polyvinylalkoholschwamm sowie einen nicht mehr zu eruiierenden Schwammtyp. Im Verlauf der beiden stationär durchgeführten Vacusealanlagen, welche 29 bzw. 21 Tage andauerten, wurde das System sechs bzw. vier Mal gewechselt.

Als Erreger konnten ein S. aureus-Stamm und Enterokokken bzw. ein S. aureus und ein Enterobacter cloacae-Stamm bereits vor Beginn der V.A.C.-Therapie identifiziert werden, so dass auch hier zusätzlich eine resistenzgerechte antibiotische Therapie veranlasst wurde.

Bei einem der beiden Patienten verlief die weitere Behandlung ohne Komplikationen, während der andere Patient nach Abschluss der Vakuumtherapie aufgrund einer kardialen Dekompensation interdisziplinär verlegt werden musste. Weitere Revisionseingriffe waren in dieser Gruppe nicht erforderlich.

Bei diesen beiden Patienten kam es bei einem gesamten Follow-up von 33 bzw. 15 Monaten zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz.

#### 4.9 Schulter:

Lediglich ein männlicher Patient im Alter von 76 Jahren ist der Diagnose „Schulterinfekt“ zuzuordnen. Bei einer Körpergröße von 163 cm und einem Körpergewicht von 75 kg wurde er primär aufgrund eines Gelenkempyems an der linken Schulter bei Zustand nach Entfernung eines AC-Gelenk-Ganglions therapiert. 14 Tage postoperativ traten bei diesem Patienten im Rahmen eines Frühinfektes Wundheilungsstörungen auf und es konnten mittels Wundabstrichen koagulase-negative Staphylokokken und *S. pneumoniae* in der Wunde nachgewiesen werden.

Daraufhin erfolgte, zusätzlich zu einer resistenzgerechten Antibiose, der stationäre Einsatz der V.A.C.-Therapie ohne vorhergehende chirurgische Revision.

Die Art des verwendeten Gerätes, des Schwammmaterials und des Druckes war aus den Akten leider nicht mehr ersichtlich.

Die Dauer der V.A.C.-Behandlung erstreckte sich über einen Zeitraum von insgesamt 12 Tagen, wobei ein Wechsel des Systems nach 6 Tagen vorgenommen wurde.

Postoperativ kam es zu keinerlei Komplikationen und auch weitere Revisionseingriffe waren nicht erforderlich. Das Follow-up dieses Patienten betrug 48 Monate, wobei es zu keiner Reinfektion oder Infektpersistenz kam.

#### 4.10 Ellenbogen:

Ebenfalls nur ein Patient lässt sich unter die Diagnose „Ellenbogeninfekt“ einordnen. Es handelt sich hierbei um eine 160 cm große, 70 kg schwere, 60 jährige Patientin, die primär aufgrund einer sekundär infizierten rheumatischen Bursitis olecrani linksseitig zur Behandlung in unsere Klinik kam. Bei dem im Wundabstrich festgestellten Keim handelte es sich um koagulase-negative Staphylokokken; dieser Erreger wurde ebenfalls mittels einer resistenzgerechten antibiotischen Therapie behandelt.

Es bleibt zu erwähnen, dass bereits vor Beginn der Vacusealtherapie eine zweimalige Bursektomie alio loco durchgeführt wurde.

Im Verlauf der gesamten Behandlung wurden bei der Patientin zwei V.A.C.-Zyklen mit einer Dauer von 12 Tagen (3 Wechsel) und drei Tagen (ohne Wechsel) vorgenommen.

Beide Zyklen wurden stationär unter Verwendung eines Mini-VAC-Gerätes, eines Polyvinylalkoholschwammes und eines kontinuierlichen Unterdruckes von 150 mmHg durchgeführt.

Bereits vor Beginn der Vakuumbehandlung war die Patientin in einem deutlich reduzierten Allgemeinzustand und litt unter anderem an einer rheumatoiden Arthritis, einem insulinpflichtigen Diabetes mellitus, Adipositas sowie einer arteriellen Hypertonie. Infolge dessen verschlechterte sich das Allgemeinbefinden der Patientin im Verlauf des Klinikaufenthaltes zunehmend, so dass Sie während des zweiten V.A.C.-Zyklus aufgrund einer fortschreitenden Kreislaufinsuffizienz verstarb.

#### 4.11 Meshgraftfälle:

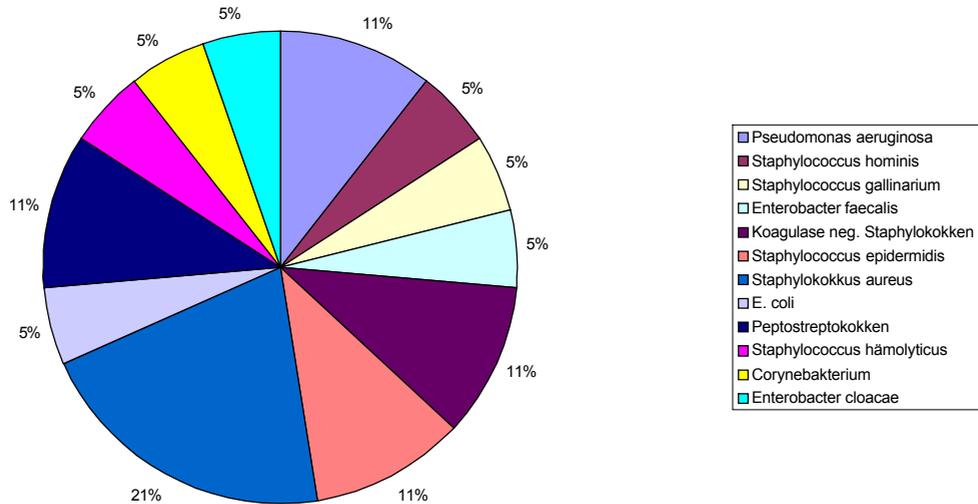
Insgesamt wurden bei 13 der oben beschriebenen 47 Patienten im Verlauf 14 V.A.C.-unterstützte Meshgrafttransplantation durchgeführt.

Zehn der Patienten waren männlich, drei weiblich. Sechs der Patienten gehörten zur Diagnosegruppe „Knie“, 3 Patienten zur Diagnosegruppe „Achillessehne“, zwei zum Patientenkollektiv der Gruppe „Unterschenkel“ und je ein Patient fiel unter die Diagnose „Oberes Sprunggelenk“ und „Oberschenkel“, wobei bei letztgenanntem Patienten zwei V.A.C.-unterstützte Meshgrafttransplantationen durchgeführt wurden. Zum Zeitpunkt der Operation hatten die Patienten ein mittleres Alter von 55,3 Jahren [22 Jahre – 72 Jahre] bei einem durchschnittlichen Gewicht von 77,7 kg [54 kg – 120 kg] und einer Durchschnittsgröße von 171,9 cm [145 cm– 187 cm].

Im Mittel betrug hier die Anzahl der Revisionen vor Beginn der V.A.C.-Behandlung 1,4 [0 – 6].

Die bei diesen 13 Patienten entnommenen Proben vor Durchführung der Meshgrafttransplantationen ergaben folgendes Keimspektrum und wurden ebenfalls zusätzlich mittels einer resistenzgerechten Antibiose therapiert:

Keimspektrum Meshgraftfälle



Die durchschnittliche Dauer zwischen primärer Operation und dem Auftreten einer Infektmanifestation bzw. von Wundheilungsstörungen betrug bei diesen Patienten 149,8 Tage [6 Tage – 1095 Tage].

Insgesamt erfolgten bei diesem Patientenkollektiv 20 V.A.C.-Anlagen welche mittels vierzehn Mini-VAC-Geräten, vier VAC-Freedom-Geräten und zwei nicht mehr zu eruierten Geräten in fünfzehn Fällen stationär, in vier Fällen sowohl stationär als auch ambulant und in einem Fall ambulant durchgeführt wurden.

Die durchschnittliche Dauer der V.A.C.-Anlage betrug 31,9 Tage (Minimum 4 Tage; Maximum 100 Tage).

In vierzehn Fällen erzeugten die Geräte einen kontinuierlichen Sog und in sechs Fällen einen intermittierenden Sog (s. Diagramme 4.11.1 und 4.11.2)

Diagramm 4.11.1: verwendete V.A.C.-Geräte

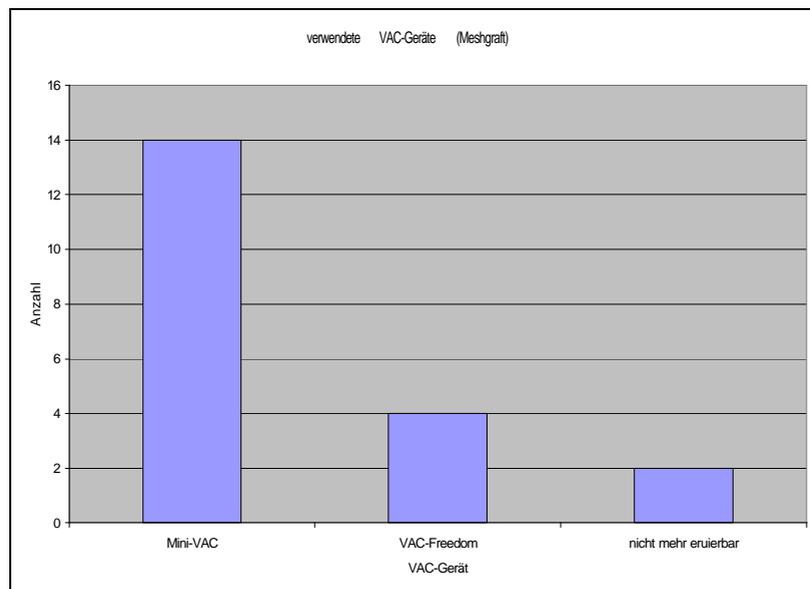
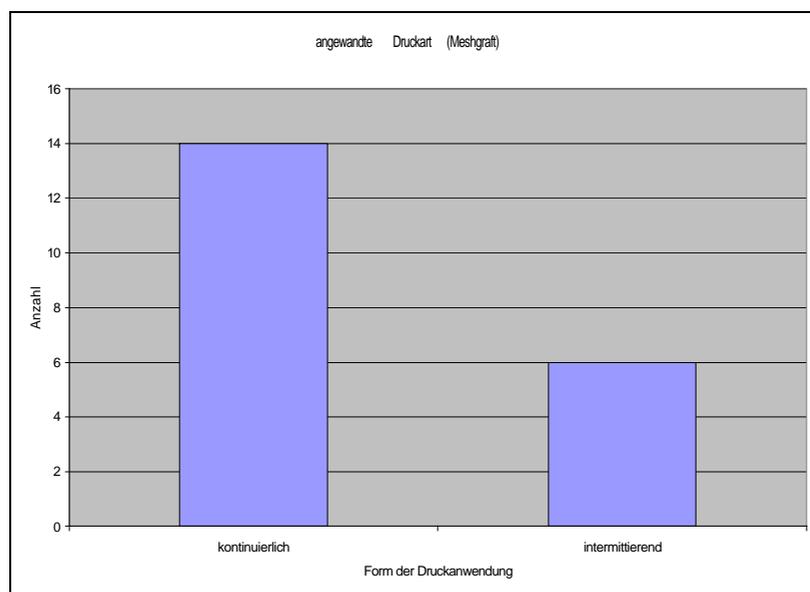


Diagramm 4.11.2: angewandte Druckart



Die angelegte Sogstärke, welche über sieben Polyvinylschwämme, zwei Polyurethanschwämme, einen Polyvinylschwamm in Kombination mit einem Polyurethanschwamm und zehn nicht mehr zu eruierenden Schwämmen auf die Wundfläche übertragen wurde, schwankte bei diesem Kollektiv zwischen 100 mmHg

und 150 mmHg bei einem Mittelwert von 114,4 mmHg (siehe Diagramme 6.11.3 und 6.11.4).

Diagramm 4.11.3: verwendete Druckhöhe

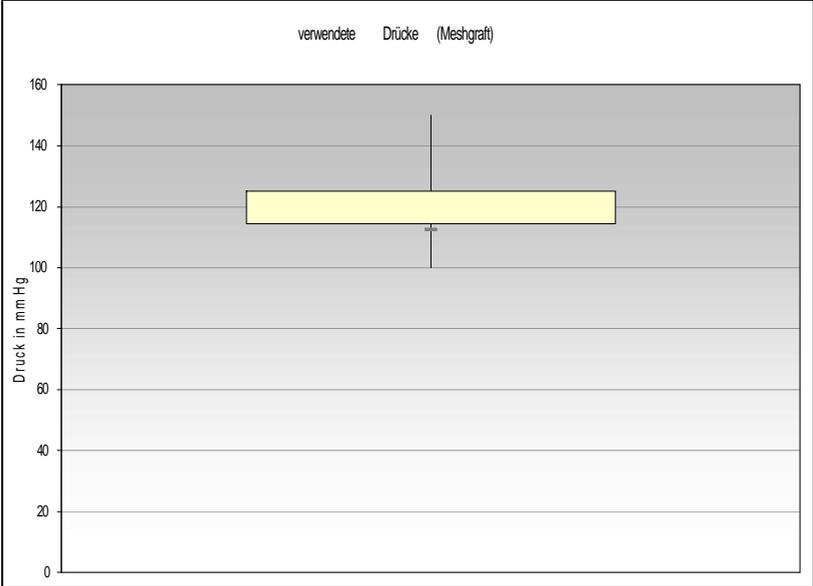
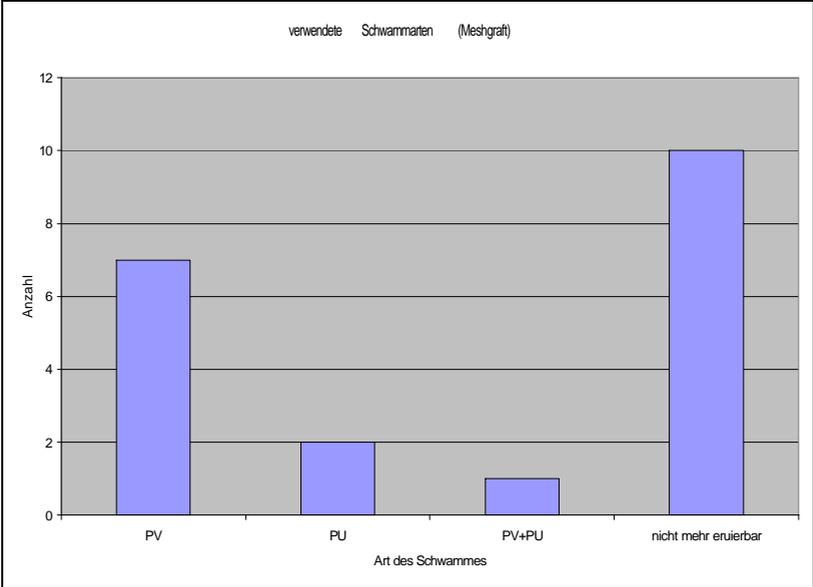


Diagramm 4.11.4: verwendete Schwammart



Das gesamte Follow-up dieser Patientengruppe betrug durchschnittlich 24,4 Monate bei einem minimalen Follow-up von 6 Monaten und einem maximalen Follow-up von 49 Monaten.

Bei elf dieser Patienten gestaltete sich der weitere Verlauf komplikationslos. Bei einem Patienten kam es zur Entwicklung eines Ulcus nach primärer Meshgraftdeckung. Hier musste im weiteren Verlauf eine zweite Meshgraftdeckung durchgeführt werden, welche nicht V.A.C.-unterstützt durchgeführt wurde. Bei einem weiteren Patienten kam es postoperativ zur Entwicklung eines Kniegelenkempyems links und Entwicklung von Ulzerationen am linken Unterschenkel.

Weitere Revisionseingriffe waren bei keinem der Patienten erforderlich.

Bei allen Patienten war während des Follow-up eine gute Einheilung des Meshgraft zu beobachten war.

#### 4.12 Keimnachweis auf den Schwämmen:

Bei insgesamt 7 der retrospektiv untersuchten 47 Patienten gelang auf dem eingebrachten Schwammmaterial ein Keimnachweis. Fünf der Patienten waren weiblich, zwei männlich.

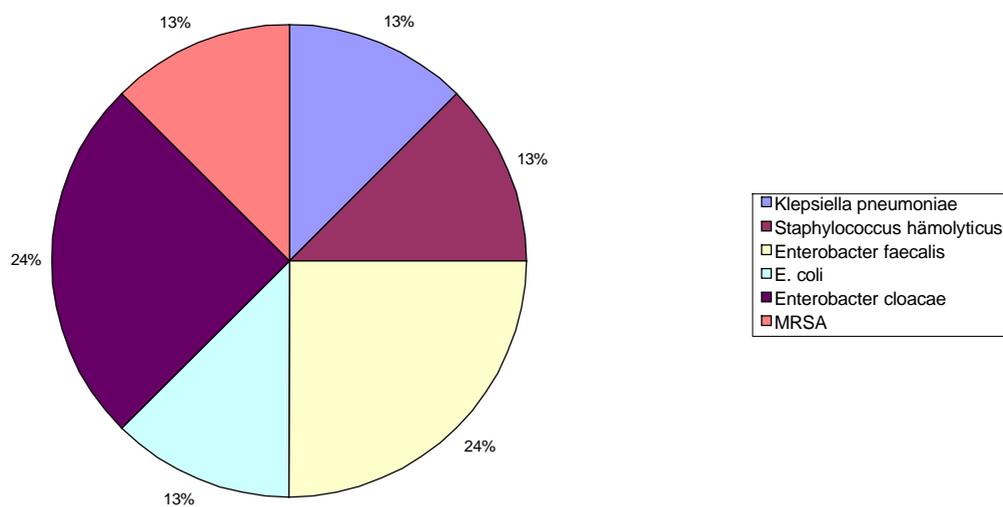
Sechs der sieben Patienten gehörten zur Diagnosegruppe „Hüfte“ und ein Patient zur Diagnosegruppe „Oberschenkel“.

Zum Zeitpunkt der Operation hatten diese Patienten ein mittleres Alter von 63,7 Jahren [48 Jahre – 78 Jahre] bei einem durchschnittlichen Gewicht von 78,6 kg [50 kg – 120 kg] und einer Durchschnittsgröße von 166,7 cm [155 cm – 187 cm]. Im Mittel betrug die Anzahl der Revisionen vor Beginn der V.A.C.- Behandlung 1,7 [0 – 4].

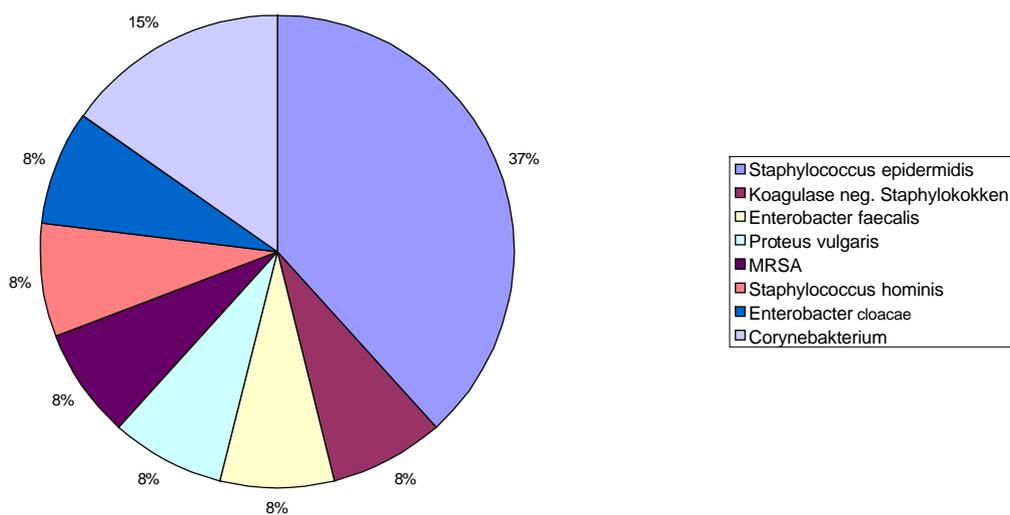
Die bei diesem Patientenkollektiv entnommenen Gewebeproben und Wundabstriche sowie die Untersuchung der verschiedenen Schwammmaterialien auf entsprechende mikrobiologische Erreger ergaben im Einzelnen die nachfolgenden Keimspektren.

Die nachgewiesenen Erreger wurden auch hier zusätzlich mittels einer resistenzgerechten Antibiose therapiert.

### Keimspektrum auf V.A.C.-Schwämmen



### Keimspektrum Gewebeprobe / Abstriche



Die durchschnittliche Dauer zwischen primärer Operation und dem Auftreten einer Infektmanifestation bzw. von Wundheilungsstörungen betrug bei diesen sieben Patienten 261,5 Tage [6 Tage – 1460 Tage].

Insgesamt wurden bei diesen Patienten, bei denen ein Keimnachweis auf den entsprechenden V.A.C.-Schwämmen erfolgte, 9 V.A.C.-Anlagen durchgeführt, welche mittels vier Mini-VAC-Geräten, drei VAC-Freedom-Geräten und zwei nicht zu eruierten Geräten in allen Fällen stationär durchgeführt wurden.

Die durchschnittliche Gesamtdauer der V.A.C.-Anlagen betrug 21,3 Tage (Minimum 8 Tage; Maximum 48 Tage).

In fünf Fällen erzeugten die Geräte einen kontinuierlichen Sog und in zwei Fällen einen intermittierenden Sog. In den restlichen beiden Fällen konnte die Art des Soges nicht mehr ermittelt werden. (s. Diagramme 4.12.1 und 4.12.2)

Diagramm 4.12.1: verwendete V.A.C.-Geräte

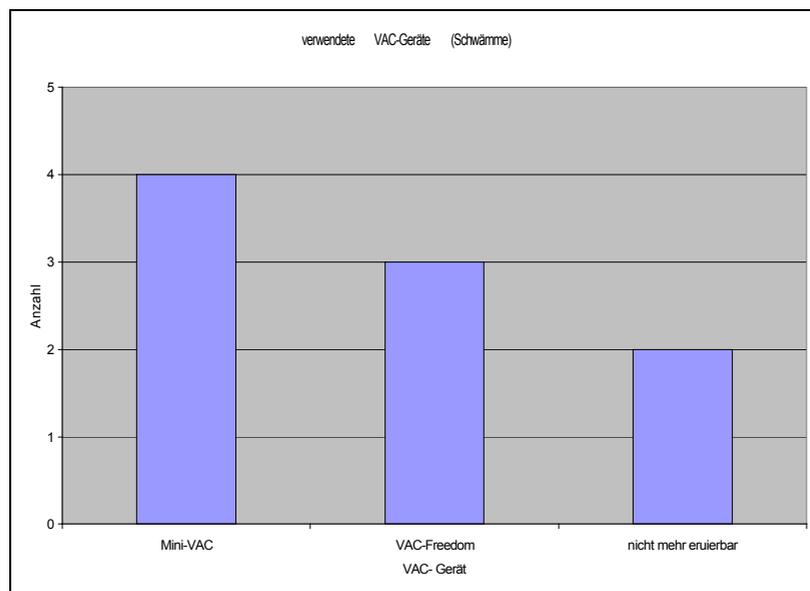
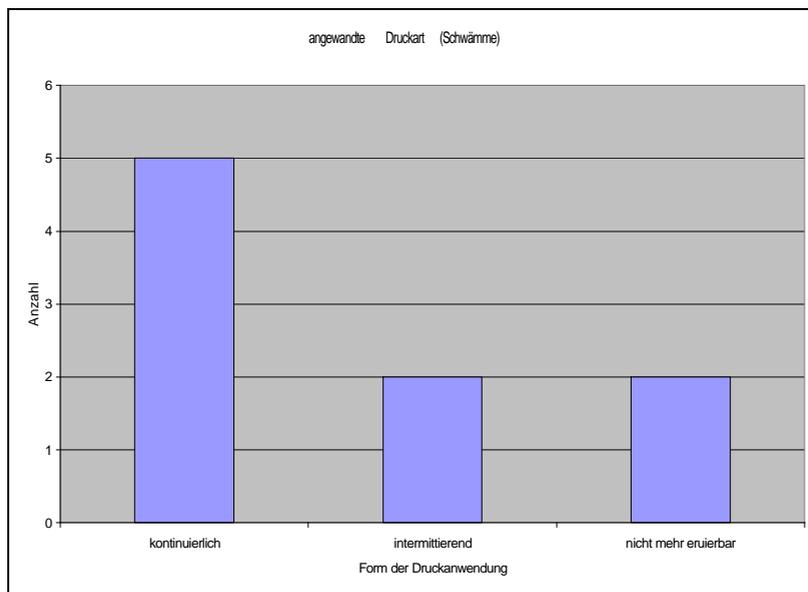


Diagramm 4.12.2: angewandte Druckart



Die angelegte Sogstärke, welche über sechs Polyvinylschwämme und drei nicht zu erueierende Schwämme auf die Wundfläche übertragen wurde, schwankte bei diesem Kollektiv zwischen 100 mmHg und 200 mmHg bei einem Mittelwert von 150 mmHg (siehe Diagramme 4.12.3 und 4.12.4).

Diagramm 4.12.3: verwendete Druckhöhe

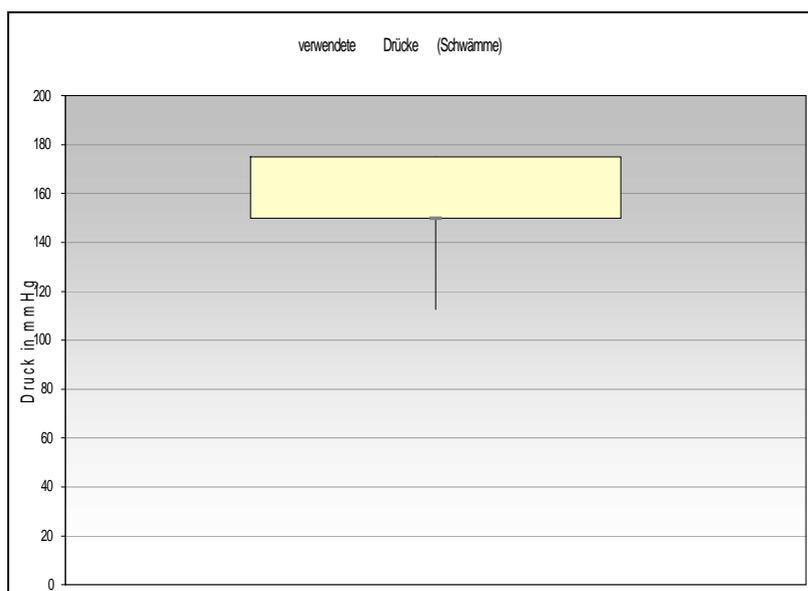
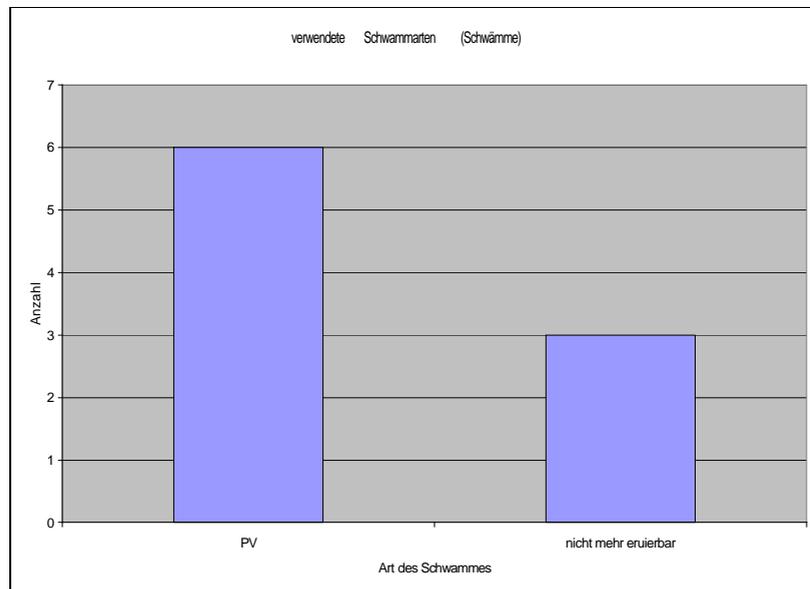


Diagramm 4.12.4: verwendete Schwammart



Das Follow-up dieser Patientengruppe betrug durchschnittlich 15,6 Monate bei einem minimalen Follow-up von 9 Monaten und einem maximalen Follow-up von 30 Monaten. Bei sechs dieser Patienten gestaltete sich der weitere Verlauf komplikationslos. Bei einem Patienten kam es im weiteren Verlauf zur Entwicklung eines Kniegelenkempyems und zur Entwicklung von Ulzerationen am Unterschenkel. Ebenfalls bei einem dieser Patienten erfolgten insgesamt zwei V.A.C.-unterstützte Meshgraftdeckungen, welche im weiteren Follow-up eine gute Einheilung des zeigten. Weitere Revisionseingriffe waren bei keinem der Patienten erforderlich.

## **5. Diskussion**

In der vorliegenden Arbeit wurden 47 Patienten mit insgesamt 59 V.A.C.-Zyklen in der Zeit von Februar 2002 bis Oktober 2005 retrospektiv aufgrund der Krankenunterlagen ausgewertet und zehn verschiedenen Diagnosegruppen zugeordnet.

Die einzelnen Diagnosegruppen wurden hinsichtlich der Verwendung unterschiedlicher Gerätetypen, Schwammmaterialien, Sogarten und Sogstärken bzw. verwendete Druckhöhen, Dauer der Anlagen, Art der Anlagen (ambulant oder stationär), Häufigkeit des Wechsels des Systems, durchschnittliche Dauer zwischen der primären Operation und Auftreten von Wundheilungsstörungen, Anzahl der Revisionen vor Anlage der V.A.C.-Therapie, Keimnachweis und hinsichtlich einer Infektpersistenz bzw. Reinfektion nach Anlage der V.A.C.-Therapie ausgewertet.

### **5.1 Patientenkollektiv**

Von den untersuchten 47 Patienten waren 19 Frauen mit einem mittleren Alter von 64,5 Jahren [36 Jahre – 84 Jahre] und 28 Männer mit einem mittleren Alter 54,1 Jahren [16 Jahre – 80 Jahre].

Der mittlere Body-Mass-Index betrug 24,5 [19,1 – 31,2] bzw. 25,5 [20,0 – 38,3].

In der Einleitung wurde bereits erläutert, wie das Prinzip des V.A.C.-Systems funktioniert.

Die Ergebnisse dieser Arbeit werden für die verschiedenen Indikationen des V.A.C.-Systems in der septischen orthopädischen Chirurgie diskutiert.

## 5.2 Wundheilungstendenz – Neubildung von Granulationsgewebe

Die Vakuumbehandlung wurde primär als eine alternative Option zum Verschluss von problematischen Wunden entwickelt (Argenta 1997 [4]). Besonders bei der Behandlung von höhergradig offenen Frakturen erwies sich das System als vorteilhaft, weil durch die Entstehung eines geschlossenen Systems die Wahrscheinlichkeit einer zusätzlichen bakteriellen Kontamination verringert werden konnte. Darüber hinaus konnte durch den negativen atmosphärischen Druck eine Verkleinerung der Wundfläche erzielt werden, was den leichteren primären oder sekundären Wundverschluss ermöglichen konnte [3; 4; 43].

Obwohl wir in unserer Studie keine qualitativen Aussagen hinsichtlich der Progression und Geschwindigkeit der Wundheilung machen können, konnten wir in allen Fällen eine rasche Progredienz der Neubildung von Granulationsgewebe und somit eine kontinuierliche Reduktion der jeweiligen Wunddehiszenz beobachten.

## 5.3 Antimikrobielle Wirkung

Als einer der Vorteile der Vakuumbehandlung wird in der Literatur die bakterielle Clearance des Systems angegeben. In zahlreichen Publikationen ist ein Grossteil dieser Eigenschaft geklärt, dennoch bleibt der genaue Wirkmechanismus noch unklar.

Morykwas und Mitarbeiter zeigten als erste in einem Tiermodell eine Reduktion der Keimzahl in der Wunde unter Anwendung der Vakuumbehandlung (Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, McGuirt W. 1997 [33]). Allerdings haben die Autoren den exakten Hintergrund nicht kommentiert, so dass die erhöhte Perfusion ebenfalls als Ursache der geringeren bakteriellen Wundbesiedelung angesehen werden kann.

Moues und Kollegen [34] demonstrierten eine signifikante Reduktion von gramnegativen Bakterien nach Einsatz des V.A.C.-Systems, während die Anzahl von grampositiven Keimen (Staphylokokken) erhöht war. Da Staphylokokken in der normalen Hautflora vorkommen und das Schwammmaterial in der Regel an die Wundränder angelegt ist, besteht die Möglichkeit, dass es dadurch in dieser Studie zu einem falsch-positiven Ergebnis gekommen sein kann.

In einer retrospektiven Auswertung zeigte sich in 43 % der Fälle nach Vakuumbehandlung eine Zunahme der Keimzahl, in 35 % ein konstanter Verlauf und in 22 % eine Abnahme (Weed, T. [44]). Hierbei ist zu beachten, dass das Ausmaß der bakteriellen Kolonisation in keiner Beziehung zum Erfolg oder Misserfolg der Vakuumtherapie stand. Diese Ergebnisse stehen im Widerspruch zu der Arbeit von Morykwas et al. (1997). Weiterhin fraglich bleibt allerdings, ob ein häufigerer Schwammwechsel einen günstigeren Verlauf auf das Ausmaß der bakteriellen Clearance gezeigt hätte.

In einer weiteren klinischen Arbeit (Gruppe A: Patienten mit offenen Frakturen, welche systemisch Cefuroxim erhielten; Gruppe B: Patienten mit geschlossenen Frakturen und schwerem Weichteilschaden, welche mittels Vakuumtherapie ohne Antibiotikagabe behandelt wurden) konnten die Dekontaminationseigenschaften der Vakuumtherapie ebenfalls belegt werden (Bischoff [7]).

Unsere Ergebnisse zeigen eine Keimpersistenz bei 14,89 % der Patienten (7 von 47 Patienten) und entsprechend bei 15,25 % der V.A.C.-Anlagen (9 von 59).

Aufgrund der retrospektiven Datenlage unserer Arbeit bleibt aber unklar, ob diese Keimpersistenz auf dem jeweiligen Schwamm auf eine Bakterienkolonisation durch eine mangelnde Clearance des Systems zurückzuführen ist oder, genau umgekehrt, es durch eine suffiziente bakterielle Clearance zu einer Akkumulation der Keime im Schwamm und daher nicht in der Wunde gekommen ist.

#### 5.4 Das V.A.C.-System als implantaterhaltende Option?

Sowohl im Bereich der Orthopädie als auch der Unfallchirurgie gilt, dass bei Frühinfekten zunächst ein implantat- oder prothesenerhaltender Eingriff angestrebt werden sollte, während bei Spätinfekten in der Regel die Implantate oder Prothesen explantiert werden müssen, um eine Infektsanierung erreichen zu können.

Der Hintergrund dabei ist, dass bei einer längeren bakteriellen Besiedelung viele Keime in der Lage sind, einen schützenden Biofilm, die sog. Glykokalyx, zu bilden, welcher oft durch ein chirurgisches Debridement und Lavage des Situs nicht suffizient entfernt werden kann und welcher die Keime von einer suffizienten Antibiotikabeeinflussung abgeschirmt.

Daher ist es möglich, dass sich trotz eines ursprünglichen Frühinfektes nach mehreren Revisionseingriffen die Situation eines Spätinfektes entwickelt, was als Folge die Prothesenexplantation nach sich zieht.

Zur weiteren Infektsanierung stehen entweder die Anlage einer Resektionshüfte (sogenannte Girdlestone-Prozedur) oder die Implantation eines antibiotikahaltigen Zementspacers als Therapieoptionen zur Verfügung, welche allerdings mit einem zweizeitigen operativen Vorgehen und konsekutiver Mehrbelastung mit allen operationsassoziierten Risiken für die Betroffenen verbunden sind (Anagnostakos 2006 [1; 2]).

Basierend auf diesen Tatsachen wurde daher in unserer Klinik die Indikation zur Anwendung des V.A.C.-Systems zur Behandlung von Infektionen nach primärer Hüftendoprothetik lediglich bei Frühinfekten gestellt. Zur Vermeidung von Infektpersistenzen oder Reinfektionen und daher zur bestmöglichen Sicherstellung der Infekteradikation wurde dabei der Wechsel von austauschbaren Prothesenkomponenten als besonders wichtig erachtet und daher in allen Fällen durchgeführt. Die Auswahl des weißen Schwammes (Polyvinylalkohol, kurz PV-Schwamm) zur Einlage in die Tiefe des Situs basierte darauf, dass dadurch längere Implantationsintervalle möglich waren weil der PV-Schwamm eine geringere Einwachstendenz zum umliegenden Weichteilgewebe als der schwarze PU-Schwamm aufweist.

Das Therapiekonzept der periprothetischen Einlage von V.A.C.-Schwämmen unter kontinuierlichem Sog scheint effektiv zu sein. Es konnte eine Reduktion der Sekretion unter rückläufigen Entzündungsparametern beobachtet werden. Bei der Explantation der Schwämme konnte periprothetisch eine breitflächige Bildung von Granulationsgewebe festgestellt werden.

In 19 von 24 „Implantat-Fällen“ (H-TEP und K-TEP) konnte die Infektion eradiziert werden, so dass zu schlussfolgern ist, dass bei korrekter Indikationsstellung ein Prothesenerhalt unter V.A.C.-Anwendung vielfach möglich ist. Allerdings sind die Virulenz und Anzahl der pathogenen Keime, der Schweregrad des Infektzustandes und die immunologische Antwort auf die antimikrobielle Behandlung Parameter, die eine entscheidende Bedeutung für den Therapieerfolg haben.

Da der genaue Mechanismus der bakteriellen Clearance der V.A.C.-Therapie noch unklar ist, sollten nur mono- und bibakterielle Frühinfekte mit gut erhaltenen Weichteilen zur Sicherstellung der Aufrechterhaltung des Soges als Indikation zur Vakuumbehandlung angesehen werden (Kelm 2004 [27]; Anagnostakos 2006 [2]).

Ähnliches gilt auch für die Behandlung von Infektionen nach osteosynthetischer Versorgung. Die Entscheidung zur Infektbehandlung mit dem V.A.C.-System kann leicht im Fall einer verheilten Fraktur getroffen werden. Allerdings ist es problematisch, wenn die Entzündung im frühen postoperativen Zeitraum auftritt, wenn die osteosynthetisch versorgte Fraktur noch nicht vollständig konsolidiert ist.

Unsere Fälle zeigen, dass das V.A.C.-System die Infektsanierung trotz einliegender Implantate erlaubt, was vom Vorteil für die postoperative Nachbehandlung und insbesondere die Vollbelastung der operierten Extremität ist.

Gleiches gilt auch für den Einsatz der Versiegelungstherapie im Bereich der Wirbelsäule. Berichte über einzelne Patientenserien mit postoperativen Infektzuständen nach dorsalen Wirbelsäuleneingriffen zeigten gute Resultate unter Erhalt der einliegenden Implantate (Antony [3], Mehbod [31], de la Torre [41], Yuan-Innes [48]). Dies bestätigen ebenfalls unsere Ergebnisse, wobei sicher größere Kollektive erforderlich sind, um die Effizienz des V.A.C.-Systems quantifizieren zu können.

In der Vergangenheit standen aufwendige plastisch chirurgische Maßnahmen, wie myo- oder faszikuläre Lappen, zur Deckung von schwierigen Wunden zur Verfügung. Diese Operationen sind nicht ohne signifikante Morbidität und meist mit längeren Operationszeiten, Blutverlust, erhöhter Infektionsgefahr, Wundheilungsstörungen, Seromentwicklungen und Transplantatlager-Morbidität verbunden.

Seit der Einführung der V.A.C.-Therapie ist die Indikation derartiger Maßnahmen zurückgegangen und wird hauptsächlich bei sehr großflächigen Wunden und Weichteildefekten eingesetzt.

Unsere Ergebnisse sind im Einklang mit den bereits bekannten Literaturdaten. Unsere Erfahrungen mit dem PV-Schwamm zeigen, dass ein Verschluss mittels V.A.C.-Therapie sogar beim freiliegenden osteosynthetischen Material sowohl im Bereich der Wirbelsäule als auch nach Extremitätversorgung möglich ist. Dabei konnten keine Komplikationen beobachtet werden und in einem Fall konnte die Behandlung sogar nach primärer stationärer Versorgung ambulant fortgesetzt werden.

### 5.5 V.A.C.-Behandlung bei schwierigen Wunden (freiliegende Sehnen, Tumorwunden)

Exponierte Sehnen oder Hautnekrosen nach Bestrahlung stellen heutzutage immer noch eine Herausforderung für jeden Chirurgen dar. Solche Wunden zeigen eine schlechte Granulationstendenz, haben ein höheres Infektrisiko und zeigen nach definitivem Wundverschluss häufig funktionelle Einschränkungen durch Narbenzug oder Kontrakturen.

Vor allem nach Tumorresektion in der Inguinalregion sind Wundheilungsstörungen ein häufiges Phänomen (Mack [29], Peters [35]). Eine frühe Weichteilrekonstruktion, z.B. mit Muskellappen, reduziert das Auftreten von postoperativen Komplikationen (Peters [35]). Allerdings können postoperative Infektionen sowohl die lokale Wundsituation im Frühstadium als auch das endgültige, klinische Ergebnis negativ beeinflussen. In unserem Fall bewies die V.A.C.-Therapie, dass sie ein verlässliches Verfahren zur Behandlung solcher Wunden darstellt. Der kontinuierliche Sog reduzierte konstant die Wunddehiszenz und konditionierte erneut ideale Wundverhältnisse zum Einwachsen eines Hauttransplantates. Die V.A.C.-Therapie ist eine effiziente Behandlungsoption ohne bekannte Nebenwirkungen, wenngleich auch über Komplikationen berichtet wird (Mack [29]).

Nach chirurgischer Sehnenrekonstruktion wird ebenfalls häufig über Wundheilungsstörungen und Infektzuständen berichtet. Nach Achillessehnen-Rekonstruktion beträgt die Komplikationsrate bis zu 30 %, wobei die Inzidenz von Infektionen bei 11 % und die Re-Rupturrate bei 2-4 % liegen (Resch [36]). Im Vordergrund stehen vor allem trophische Hautstörungen (Dalton [10]). Diese Komplikationen limitieren häufig das klinische Ergebnis und können zu Achillodynie und Mobilitätseinschränkung führen (Heugel [23]).

Heugel et al. demonstrierten die erfolgreiche Anwendung der V.A.C.-Therapie zur Behandlung einer exponierten Achillessehne nach Verbrennung. Es wurde festgestellt, dass sich bereits nach 12 Tagen eine adäquate Vaskularisation wieder einstellte, so dass in einem zweiten Eingriff der Wundverschluss durch Hauttransplantation erreicht wurde. In unserer Fallserie mit 4 Patienten mit postoperativen Infektzuständen nach offener Achillessehnenrekonstruktion wurde ein ähnliches Konzept genutzt. Obwohl in

manchen Fällen das Entzündungsausmaß der Achillessehne eine Sehnenplastik zum Wiedererlangen der Funktion erfordert (Resch [36]), war dies in unseren Fällen nicht notwendig. Die lokalen Wundverhältnisse waren für das Einheilen des Hauttransplantates ideal vorkonditioniert, was ebenfalls durch den V.A.C.-unterstützten Heilungsprozess über die ersten postoperativen Tage nach Meshgrafttransplantation festgestellt werden konnte. Daher vertreten wir die Meinung, dass es empfehlenswert ist, nach initialer Reduktion der durch den Infekt aufgetretenen Dehiszenz, die Wunde definitiv mittels Meshgrafttransplantation zu verschließen, um einen spannungsfreien Wundverschluss zu ermöglichen und damit später keine Funktionseinschränkung auftritt.

#### 5.6 Vakuumtherapie zur Sicherung von Meshgrafttransplantaten

Kürzliche Berichte über die Einheilung von Hauttransplantaten unter V.A.C.-Therapie zeigten Erfolg versprechende Ergebnisse im Gegensatz zu Kontrollgruppen ohne V.A.C.-Unterstützung (Scherer 2002 [37], Skilmann 2003 [40]).

Die V.A.C.-Schwämme erlauben eine einheitliche Sogapplikation auf die Wunde, was die Epithelialisierung des Transplantates beschleunigen soll. Eine konstante Sekretablenkung verhindert die Entstehung eines Seroms. Obwohl das V.A.C.-System operative Maßnahmen zum Wunddebridement nicht ersetzen kann, soll es laut Literatur dennoch in der Lage sein, bei exakten Indikationen den Wundverschluss durch Meshgrafttransplantation zu unterstützen und daher "unnötige" Muskellappentransfers zu vermeiden.

In unserem Kollektiv kam das V.A.C.-System 13mal zum Einsatz zur Sicherung von Meshgrafttransplantaten. Nach 5 Tagen wurde der Schwamm entfernt und ermöglichte die erste Evaluation der jeweiligen Wunde. In allen Fällen konnte eine gute Epithelialisierung registriert werden, ohne dass es unter dem Transplantat zur Bildung eines Seroms oder Hämatoms gekommen ist. In keinem Fall ist eine erneute Wunddehiszenz aufgetreten, welche weitere Maßnahmen zum Wundverschluss erforderte.

### 5.7 Ist eine ambulante V.A.C.-Behandlung möglich?

Webb und Schmidt (2001) schlugen vor, dass bei richtiger Indikationsstellung das V.A.C.-System ambulant eingesetzt und dadurch eine Reduktion der stationären Aufenthaltskosten erreicht werden kann [43].

In der Literatur fehlen jedoch noch Erfahrungen mit großen Patientenkollektiven aus dem Bereich der Orthopädie oder Unfallchirurgie, so dass keine generalisierten Aussagen diesbezüglich gemacht werden können.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass nach initialer Versorgung unter stationären Bedingungen ein Fortsetzen der V.A.C.-Therapie unter ambulanten Bedingungen möglich ist. Allerdings konnte in der vorliegenden Arbeit beobachtet werden, dass die Gesamtdauer der ambulanten Behandlung im Vergleich zu den stationären Fällen zunimmt. Daher sollten Patienten, die sich dazu entschließen, darüber aufgeklärt werden und solche, die aufgrund ihrer Begleiterkrankungen ein höheres Risiko für erneute Komplikationen aufweisen, eher unter stationären Bedingungen bis zur Infektanierung und zum definitiven Wundverschluss behandelt werden.

### 5.8 Komplikationen

Mögliche Nebenwirkungen und Komplikationen, mit denen bei der Anwendung der Vakuumtherapie gerechnet werden müssen, sind:

- Einwachsen von Granulationsgewebe in den Schwamm
- Schmerz durch Einwirken des Soges und beim Verbandswechsel
- Mazeration und Druckschäden im an die Wunde angrenzenden Hautareal
- Durchblutungsminderung durch Druck auf exponierte kleinere Gefäße
- Infektpersistenz
- Nachblutung durch einen zu hoch applizierten Druck

In der Literatur werden einzelne Fälle mit schwerwiegenden Komplikationen beschrieben. Gwann-Nulla und Casan (2001) berichteten über einen Fall mit einer durch einen MRSA-Stamm infizierten Wunde im Bereich der Bauchdecke [22]. Nach 7 Tagen

trat ein Toxic-Schock-Syndrom auf, vermutlich infolge eines Sekretstaus und der systemischen Einwirkung der bakteriellen Toxine, was die Wichtigkeit von regelmäßigen Schwammwechseln bei multiresistenten Keimen deutlich macht.

White und Kollegen beschrieben einen Fall einer arteriellen Erosionsblutung, der mit einem geschätzten Verlust von ca. 2 Liter einherging (White 2005 [45]). Daraufhin haben die Autoren die Notwendigkeit der engmaschigen Patientenüberwachung bei einer Lokalisation des Schwammes über exponierten Arterien betont. Barringer et al. beschrieben massive vakuumtherapie-bedingte Flüssigkeitsverluste bei 2 weiteren Patienten, die bis zu hypovolämischen Schocksituationen führten (Barringer 2004 [5]). In einem weiteren Fall kam es im Verlauf einer 4-tägigen V.A.C.-Behandlung zu einem Wechsel der bakteriellen Kolonisation der Wunde verbunden mit der Entwicklung einer anaeroben Sepsis (Chester 2002 [9]).

In unserem Kollektiv konnten wir 2 Komplikationen, beide in der Gruppe mit Zustand nach Frühinfekt nach primärer Hüftendoprothetik, beobachten. Bei einer Patientin mit einer bekannten Thrombozytopenie aufgrund einer Leberzirrhose und konsekutiver Gerinnungsstörung kam es am 8. postoperativen Tag zu einer Blutungskomplikation, was den Ausbau der Schwämme erforderlich machte, ohne einen Einfluss auf das weitere Ergebnis zu haben. Aufgrund dieses Falles würden wir daher bekannte Gerinnungsstörungen ebenfalls zu den relativen Kontraindikationen der V.A.C.-Therapie hinzufügen.

Bei einer anderen Patientin mit einem multibakteriellen und Pilzinfekt im Bereich der Hüfte zeigte sich eine Infektpersistenz, so dass erst nach Prothesenausbau und Spacerimplantation eine Infektsanierung erreicht werden konnte. Vermutlich wird bei multibakteriellen und Pilzinfekten die bakterielle Clearance des Systems überfordert, so dass es vielleicht empfehlenswerter wäre, solche Fälle aggressiver mittels zweizeitigem Vorgehens mit lokaler antibiotischer Therapie zu behandeln. Weitere Komplikationen, wie Einwachsen von Granulationsgewebe in den Schwamm (Krasner 2002 [28]) oder Schmerzangaben von Seite der Patienten beim Schwammwechsel konnten aus den dokumentierten Daten nicht festgestellt werden.

## 5.9 Limitierungen der Arbeit

Sicherlich gelten manche Einschränkungen für die vorliegende Arbeit. Unsere Studie ist retrospektiv. Das Patientenkollektiv ist relativ inhomogen aufgrund von patientenassoziierten Faktoren (Geschlecht, Alter, Begleiterkrankungen), verschiedenen Primärindikationen, unterschiedlichen Durchblutungssituationen je nach Infektgebiet, so dass keine statistische Auswertung möglich ist. Ebenfalls wurde keine Kontrollgruppe mit alternativen Methoden zur V.A.C.-Therapie untersucht. In allen Fällen wurde das chirurgische Vorgehen mit einer systemischen Antibiose unterstützt, so dass der antimikrobielle Effekt (bakterielle Clearance) nicht allein auf die V.A.C.-Behandlung zurückgeführt werden kann.

Die Mehrzahl der Wunden (28 von 59 Fällen) wurde mit dem PV-Schwamm behandelt, wobei das Ergebnis unklar ist, wenn der PU-Schwamm bei ähnlichen Indikationen zum Einsatz gekommen wäre.

Es muss dennoch berücksichtigt werden, dass bei Patienten mit Infektionen des Bewegungsapparates nicht leichtsinnig eine Randomisierung erfolgen kann, sondern patientenindividuell die best mögliche Therapieoption zur Sicherung einer Infekteradikation durchgeführt werden sollte.

## 5.10 Perspektiven

Der Stellenwert des Vakuumsystems zur Behandlung von offenen und infizierten Wunden ist heutzutage unumstritten. Die breite Anwendung dieser Behandlungsoption in verschiedenen operativen Disziplinen und ihr Erfolg sprechen für sich.

Allerdings wird häufig noch kritisiert, dass keine genauen fachbezogenen Richtlinien existieren und in der Regel die V.A.C.-Therapie als Folge von über die Jahre subjektiv gesammelten Erfahrungen eingesetzt wird. Die meisten Publikationen zu diesem Thema haben ein niedriges evidence-based Level. Wann soll ein PVA- oder ein PU-Schwamm eingesetzt werden? Ist der Sogmodus eher entscheidend für die Neubildung von Granulationsgewebe oder die bakterielle Clearance? In welchen Intervallen sollte ein Schwammwechsel durchgeführt werden? Die Patientenkollektive in der Literatur sind oft inhomogen, so dass zurzeit diese Fragen durch die vorliegende Literaturlage nicht

beantwortet werden können. Im Rahmen einer multizentrischen, randomisierten Studie könnten zumindest manche dieser Punkte geklärt werden, allerdings ist dafür eine sehr große Patientenzahl unter Berücksichtigung der verschiedenen Krankheitsbilder und patientenassoziierten Faktoren erforderlich, so dass eine solche Studie wahrscheinlich nicht realisierbar ist. Obwohl Einschränkungen in ihrem Einsatz gemacht werden sollten und größere Patientenkollektive wünschenswert wären, sind wir dennoch der Meinung, dass die V.A.C.-Therapie ein wichtiges Hilfsmittel zur Behandlung orthopädischer Infektionen darstellt.

## Literaturverzeichnis

1. Anagnostakos K, Fürst O, Kelm, J. Antibiotic-impregnated PMMA hip spacers: current status. Acta Orthop 2006; 77: 628-37.
2. Anagnostakos K, Kelm J, Schmitt E. Indikationen zum Einsatz der Vakuum-Therapie in der septischen orthopädischen Chirurgie. Zentralbl Chir 2006; 131 Suppl 1: 87-92.
3. Antony S, Terrazas S. A retrospective study: clinical experience using vacuum-assisted closure in the treatment of wounds. J Natl Med Assoc 2004; 96: 1073-7.
4. Argenta LC, Morykwas MJ. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: clinical experience. Ann Plast Surg 1997; 38: 563-76.
5. Barringer CB, Gorse SJ, Burge TS. The VAC dressing – a cautionary tale. Br J Plast Surg 2004; 57: 482.
6. Becker U, Fleischmann W, Lang E, Bischoff M. (1996) Physikalische Stimulation der Gewebekonstruktion durch Vakuumversiegelung. Hefte zu „Der Unfallchirurg“, Springer Verlag Heidelberg, Berlin, New York
7. Bischoff M, Kinzl L, Frei P, Trautmann M. Bactericidal activity of wound fluid in traumatic wounds treated by vacuum sealing. Zentralbl Chir 2000; 125 Suppl 1: 83.
8. Carlos Vicario, Jesus de Juan, Ana Esclarin, Monica Alcobendas "Treatment of deep wound infections after spinal fusion with a vacuum-assisted device in patients with spinal cord injury. " Acta Orthop Belg. 2007 Feb ;73 (1):102-6
9. Chester DL, Waters R. Adverse alteration of wound flora with topical negative-pressure therapy: a case report. Br J Plast Surg 2002; 56: 510-1.
10. Dalton GP, Wapner KL, Hecht PJ. Complications of achilles and posterior tibial tendon surgeries. Clin Orthop 2001; 391:133-9.
11. DeFranzo AJ, Argenta LC, Marks MW, Molnar JA, David LR, Webb LX, Ward WG, Teasdall RG. The use of vacuum-assisted closure therapy for the treatment of lower extremity wounds with exposed bone. Plast Reconstr Surg 2001; 108: 1184-91.
12. Doss M, Martens S, Wood JP, et al. Vacuum assisted suction drainage versus conventional treatment in the management of poststernotomy osteomyelitis. Eur J Cardiothorac Surg. 2002; 22:934-938.
13. Fleischmann W (1994) Vakuumversiegelung zur Behandlung von Problemwunden. Hartmann Wundforum März S.4-6

14. Fleischmann W, Becker U, Bischoff M, Hoekstra H (1994) Indication and operative technique in Vacuum sealing. *J Bone and Joint Surg* 76-78 [Suppl II and III]: 98
15. Fleischmann W, Becker U, Bischoff M, Hoekstra H (1995) Vacuum sealing: indication, technique and results. *Eur J Orthop Surg Traumatol* 5:37-40
16. Fleischmann W, Becker U, Lang E (1995) Vakuumversiegelung zur Behandlung des traumatischen Weichteilschadens am Oberschenkel. *Osteo Int* 2/1995:84-88
17. Fleischmann W, Becker U, Schwamborn M (1994) Vacuum Sealing for the prevention and therapy of infection. *Proceedings SIS Wien: Current option in surgical Infections Vol 2, [Suppl I]:36*
18. Fleischmann W, Kinzl L (1995) Gewebeproliferation durch Vakuumversiegelung. *Langenbecks Arch Chir [Suppl II]: 256-260*
19. Fleischmann W, Lang E, Kinzl L. [Vacuum assisted wound closure after dermatofasciotomy of the lower extremity]. *Unfallchirurg* 1996; 99(4): 283-7.
20. Fleischmann W, Lang E, Russ M. [Treatment of infection by vacuum sealing]. *Unfallchirurg* 1997; 100(4): 301-4.
21. Fleischmann W, Strecker W, Bombelli M, Kinzl L. [Vacuum sealing as treatment of soft tissue damage in open fractures]. *Unfallchirurg* 1993; 96(9): 488-92.
22. Gwan-Nulla DN, Casal RS. Toxic shock syndrome associated with the use of vacuum-assisted closure device. *Ann Plast Surg* 2001; 47: 552-4.
23. Heugel JR, Sias Parks K, Christie SS, Pulito JF, Zegzula DH, Kemalyan NA. Treatment of the exposed achilles tendon using negative pressure wound therapy: a case report. *J Burn Care Rehabil* 2002; 23:167-71.
24. Isago, T.; Nozaki, M.; Kikuchi, Y.; Honda, T.; Nakazawa, H.: Effects of different negative pressures on reduction of wounds in negative pressure dressings. *J Dermatol*, 30(8): 596-601, 2003.
25. Isago, T.; Nozaki, M.; Kikuchi, Y.; Honda, T.; Nakazawa, H.: Negative pressure dressings in the treatment of pressure ulcers. *J Dermatol*, 30(4): 299-305, 2003.
26. Joseph E., Hamori CA., Bergman S., Roaf E., Swann N., Anastasi G. Prospective Randomized Trial of Vacuum- Assisted Closure versus Standard Therapy of Chronic Non-healing Wounds. *Wounds*, 2000; 12(3): 60–67.
27. Kelm J, Anagnostakos K, Schmitt E. Closed subfascial V.A.C.-therapy in periprosthetic hip infections. *Zentralbl Chir* 2004; 129 Suppl 1: 49-52.

28. Krasner DL. Managing wound pain in patients with vacuum-assisted closure devices. *Ostomy Wound Manage* 2002; 48: 38-43.
29. Mack LA, Temple WJ, DeHaas WG, Schachar N, Morris DG, Kurien E. Groin soft tissue tumors - a challenge for local control and reconstruction: a prospective cohort analysis. *J Surg Oncol* 2004; 86:147-51.
30. Maier, D., Becker, U., Kinzl, L., Bischoff, M.: Physical basics of the vacuum sealing therapie. *Zentralbl Chir*, w125, Suppl. 1: 82, 2000.
31. Mehbod AA, Ogilvie JW, Pinto MR, Schwender JD, Transfeldt EE, Wood KB, Le Huec JC, Dressel T. Postoperative deep wound infections in adults after spinal fusion: management with vacuum-assisted wound closure. *J Spinal Disord Tech* 2005; 18: 14-7.
32. Michael P. Clare, MD; Timothy Fitzgibbons, MD; Scott T. McMullen, MD; R. Colleen Stice, MD; Dennis F. Hayes, MD; Loree Henkel, MSN, RN, Experience with Vacuum Assisted Closure Negative Pressure Technique in the Treatment of Non-Healing Diabetic and Dysvascular Wounds: 2002 Foot and Ankle International.
33. Morykwas MJ, Argenta LC, Shelton-Brown EI, McGuirt W. Vacuum-assisted closure: a new method for wound control and treatment: animal studies and basic foundation. *Ann Plast Surg* 1997; 38: 553-62.
34. Moues CM, Vos MC, van den Bemd GJ, Stijnen T, Hovius SE. Bacterial load in relation to vacuum assisted closure wound therapy: a prospective randomized trial. *Wound Repair Regen* 2004; 12: 11-7.
35. Peters W, Cartotto R, Morris S, Jewett M. The rectus femoris myocutaneous flap for closure of difficult wounds of the abdomen, groin, and trochanteric areas. *Ann Plast Surg* 1991; 26:572-6.
36. Resch H, Breitfuss H. Spontaneous tendon ruptures. Etiology, pathogenesis and therapy. *Orthopäde* 1995; 24:209-19.
37. Scherer LA, Shiver S, Chang M, Meredith JW, Owings JT. The vacuum assisted closure device: a method of securing skin grafts and improving graft survival. *Arch Surg* 2002; 137:930-3.
38. Schneider, AM; Morykwas, MJ; Argenta, LC. A new and reliable method of securing skin grafts to the difficult recipient bed. *Plast Reconstr Surg*. 1998; 102:1195–1198.

39. Scholl L, Chang E, Reitz B, Chang J. Sternal osteomyelitis: use of vacuum-assisted closure device as an adjunct to definitive closure with sternectomy and muscle flap reconstruction. *J Card Surg* 2004; 19:453–461.
40. Skillman J, Kirkpatrick N, Coombes A, Coghlan B, Waterhouse N, Joshi N, Kelly M. Vacuum Assisted Closure (VAC) dressing for skin graft application following exenteration of the orbit. *Orbit* 2003; 22:63-5.
41. Torre de la JI, Martin SA, Oberheuer AM, Vasconez LO. Healing a wound with an exposed Harrington rod: a case report. *Ostomy Wound Manage* 2002; 48: 18-9.
42. Webb L.X. (2002) 'New techniques in wound management: vacuum-assisted wound closure'. *Journal of American Academy Orthopaedic Surgery*, 10; 5: 303-11.
43. Webb LX, Schmidt U. Wound management with vacuum therapy. *Unfallchirurg* 2001; 104:918-26.
44. Weed T, Ratliff C, Drake DB. Quantifying bacterial bioburden during negative pressure wound therapy: does the wound VAC enhance bacterial clearance? *Ann Plast Surg* 2004; 52: 276-9.
45. White RA, Miki RA, Kazmier P, Anglen JO. Vacuum-assisted closure complicated by erosion and hemorrhage of the anterior tibial artery. *J Orthop Trauma* 2005; 19: 56-9.
46. Willy, C.: *Die Vakuumtherapie: Grundlagen, Indikationen, Fallbeispiele, praktische Tipps*. Anne Lindqvist Verlag, Ulm 2005
47. Willy, C.; Gerngross, H.; Sterk, J.: Measurement of intracompartmental pressure with use of a new electronic transducer-tipped catheter system. *J Bone Joint Surg Am*, 81(2): 158-68, 1999.
48. Yuan-Innes MJ, Temple CLF, Lacey MS. Vacuum-assisted wound closure: A new approach to spinal wounds with exposed hardware. *Spine*, 2001; 26(3):E30-3.

## **Publikationen**

Konstantinos Anagnostakos, Philip Hitzler, Dietrich Pape, Dieter Kohn, Jens Kelm.  
Persistence of bacterial growth on antibiotic-loaded beads: Is it actually a problem?.  
Acta Orthop. 2008 Apr ;79 (2):302-7.

## **Danksagung**

Ich danke Herrn Prof. Dr. med. E. Schmitt für das Überlassen des Themas, die Durchsicht und Korrektur der Arbeit sowie für die Möglichkeit, an der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der Universitätsklinik des Saarlandes meine Doktorarbeit durchzuführen.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn Dr. med. Konstantinos Anagnostakos für seine beständige, fördernde und freundschaftliche Betreuung.

Durch sein persönliches Engagement und seine großartige Unterstützung war es mir erst möglich, meine Promotionsarbeit fertig zu stellen.

Des Weiteren gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. med. D. Kohn für seine Mitbetreuung sowie allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern der Klinik für Orthopädie und Orthopädische Chirurgie der Universitätsklinik des Saarlandes, die mich von Anfang an freundlich und offen aufgenommen haben.

An dieser Stelle möchte ich mich auch herzlich bei meinen Eltern bedanken, die mich in allen Lebenslagen immer unterstützt haben und damit mein Studium und den erfolgreichen Abschluss dieser Dissertation erst ermöglichten.

Philip Hitzler

## LEBENS LAUF

### Persönliche Daten:

Vor- und Zuname: Philip Christian Hitzler  
Geburtstag: 28.07.1977  
Geburtsort: Heidenheim an der Brenz  
Staatsangehörigkeit: deutsch  
Familienstand: ledig

### Schulbildung:

09/1984 – 07/1988 Grundschohle in Heidenheim a. d. Brenz  
09/1988 – 07/1994 Hellenstein-Gymnasium in Heidenheim a. d. Brenz  
08/1994 – 08/1995 Mark Morris High School in Longview,  
Washington State, USA  
09/1995 – 07/1998 Hellenstein-Gymnasium in Heidenheim a. d. Brenz  
Abschluss: Abitur

### Auslandsaufenthalt:

08/1994 – 08/1995 Rotary International Austauschschüler an der Mark  
Morris High School in Longview, WA, USA

### Zivildienst:

08/1998- 09/1999 In der Zentralsterilisation des Kreiskrankenhauses  
Heidenheim a. d. Brenz

### Studium:

10/1999 – 10/2006 Studium der Humanmedizin an der Universität des  
Saarlandes in Homburg/Saar

Famulaturen:

09/2002	Anästhesiologie an der Klinik für Anästhesiologie und operativen Intensivmedizin des Kreiskrankenhauses Heidenheim
08/2003 – 10/2003	Allgemeinmedizin und Sportmedizin bei Herrn Dr. med. Karl Schuberth in Homburg-Einöd
03/2004 – 04/2004	Klinik für Allgemein Chirurgie an der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar
07/2004 – 08/2004	Klinik für Gynäkologie an der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar

Praktisches Jahr:

28.02.05 – 25.04.05	Klinik für Hämatookologie der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. M. Pfreundschuh)
26.04.05 – 19.06.05	Internistische Intensivstation der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. M. Böhm)
20.06.05 – 17.07.05	Klinik für Mund-, Kiefer- Gesichtschirurgie der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. Dr. Spitzer)
18.07.05 – 14.08.05	Klinik für Neurochirurgie der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. W. I. Steudel)
15.08.05 – 11.09.05	Klinik für Allgemein-, Viszeral-, Gefäß- und Kinderchirurgie der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. M. K. Schilling)
12.09.05 – 09.10.05	Klinik für Unfall-, Hand- und Wiederherstellungschirurgie der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. T. Pohlemann)
10.10.05 – 29.01.06	Klinik für Orthopädie der Universität des Saarlandes (Prof. Dr. D. Kohn)

