

Grundlagen der venösen Blutentnahme



Die „Grundlagen der venösen Blutentnahme“ richtet sich an Ärzte, Labormediziner, Pflegefachkräfte, Phlebotomisten, Labormitarbeiter sowie medizinische Fachangestellte in Kliniken und Arztpraxen.

Anlass für diesen Leitfaden ist, dass „zuverlässigen Daten zufolge präanalytische Fehler immer noch fast 60 % bis 70 % aller Probleme in der Labordiagnostik ausmachen, von denen die meisten auf Fehler bei der Entnahme, Handhabung, Vorbereitung oder Lagerung der Proben zurückzuführen sind. Obwohl die meisten dieser Fehler ‚erkannt‘ werden, bevor unangemessene Reaktionen erfolgen, können sie in fast einem Fünftel der Fälle zu unangemessenen Untersuchungen und ungerechtfertigten Kostensteigerungen führen, während sie gleichzeitig unangemessene klinische Entscheidungen hervorrufen und einige unerwünschte Reaktionen verursachen.“*

Das Bewusstsein für die Vielzahl von Einflussfaktoren in der Präanalytik soll geschärft werden und die Berührungspunkte mit der venösen Blutentnahme neu in den Fokus rücken.

Die Entnahme von venösem Blut mit dem SARSTEDT Blutentnahmesystem S-Monovette® wird erklärt und soll vor allem dem Neuanwender nach Einweisung die korrekte Entnahme von venösem Blut insbesondere mittels Aspirationstechnik erleichtern.

Die Bedeutung der Präanalytik ist aus Sicht der Labormedizin über den gesamten Prozess der Probe essenziell – von der Laboranforderung über die Proben-gewinnung bis hin zum interpretierten Laborbefund, da auf die Aufrechterhaltung der Probenintegrität entscheidend Einfluss genommen wird.

* Lippi et al. Preanalytical quality improvement: from dream to reality CCLM 2011 49(7):1113-26. DOI: 10.1515/CCLM.2011.600

Inhaltsverzeichnis

1	Was bedeutet Präanalytik?	Seite 6–9
1.1	Grundsätze der Präanalytik	7
1.2	Häufige Folgen von präanalytischen Fehlern	8
1.3	Erfolgsfaktor Kommunikation	9
2	Einflussgrößen & Störfaktoren	10–19
2.1	Einflussgrößen	11
2.1.1	Nicht beeinflussbare Einflussgrößen	12–14
2.1.2	Beeinflussbare Einflussgrößen	14–17
2.2	Störfaktoren	18–19
3	Die venöse Blutentnahme	20–27
3.1	Vorbereitung des Patienten	21
3.2	Welche Verantwortung trägt die blutabnehmende Person?	21
3.3	Identifizierung	22–23
3.4	Anwendungsbereiche	25
3.5	Entnahmereihenfolge	26
3.6	Vermeidung von Unterfüllung	27
4	Durchführung der venösen Blutentnahme	28–43
4.1	Standardbedingungen der Blutentnahme	29
4.2	Gewinnung des Untersuchungsmaterials: 12 Schritte	29
4.3	Venenstauung & Punktionsstellen	30–31
4.4	Probleme vor/während der Blutentnahme	32
4.5	Aspirationstechnik & Vakuumtechnik	33
4.5.1	S-Monovette® Aspirationstechnik	33–35
4.5.2	S-Monovette® Vakuumtechnik	36–37
4.6	Blutentnahme an Kathetern	38–39
4.7	Blutentnahme für Blutkulturdiagnostik	40
4.7.1	Hygienische Anforderungen	41
4.7.2	Handhabung der Blutentnahme	42
4.7.3	Probenvolumen & Anzahl der Flaschen	43
5	Die Blutentnahme in der Pädiatrie	44–55
5.1	Anamnese	45
5.2	Voraussetzungen für die Blutentnahme	46
5.3	Blutentnahme in der Pädiatrie	46
5.3.1	Die venöse Blutentnahme	47–48
5.4	Unterschied Kapillarblut & venöses Blut	49
5.5	Normbereiche	49–51
5.6	Hämostase in der Pädiatrie	52–53

6	Sicherheit rund um die Blutentnahme	54–59
6.1	Safety-Kanüle	56
6.2	Safety-Multifly®-Kanüle	57
6.2.1	Handhabung für die Blutentnahme	57
6.2.2	Anwendung Kurzzeitinfusion	57
6.3	Multi-Safe Entsorgungsboxen	58–59
7	Zentrifugation	60–65
7.1	Richtige Handhabung rund um die Zentrifugation	61
7.2	Unterschied Festwinkelrotor zu Ausschwingrotor	62
7.3	Serumgewinnung	63
7.4	S-Monovette® Zentrifugationsbedingungen	64
7.5	Gelaufstieg während der Zentrifugation	65
8	Hämolyse – Was ist das?	66–71
8.1	In vivo Hämolyse	68
8.2	In vitro Hämolyse	69
8.3	Folgen einer Hämolyse	70
8.4	Klinische Relevanz	71
9	Lagerung & Transport	72–79
9.1	Probentransport	73–74
9.2	Einfluss von Temperatur, Zeit & Zellstoffwechsel	75–79
10	Literaturverzeichnis	80–81
11	Rechtliche Hinweise	82

1 Was bedeutet Präanalytik?

„Die Präanalytik beinhaltet alle Prozesse, die vor der Laboranalyse ablaufen.“



1.1 Grundsätze der Präanalytik

Die präanalytische Phase beträgt im Durchschnitt etwa 57 %¹ im Gesamtablauf zwischen Patient und Analysenergebnis. Unter anderem betrifft diese Phase die Indikation, die Information und Identifizierung des Patienten, die Probenentnahme mit anschließendem Transport, und Lagerung bis zur Zentrifugation und Probenverteilung.

Kurzum es geht um viele verschiedene Arbeitsschritte und Bereiche.

¹ Guder et al.; Proben zwischen Patient und Labor; 2009

Entsprechend groß ist die Vielzahl an Möglichkeiten Analysenergebnisse durch einzelne Schritte in diesem Prozess zu beeinflussen und zu verändern.

Merke: Ca. 25 % der Fehler in der Präanalytik haben Konsequenzen für den Patienten!

Umso wichtiger ist es, dass alle Beteiligten über mögliche Einflüsse und Fehlerquellen informiert sind, um mit diesem Bewusstsein zur Vermeidung von Fehlern richtig zu agieren. Denn: Das Messergebnis kann nur so gut sein, wie die gewonnene Patientenprobe es zulässt.

1.2 Häufige Folgen von präanalytischen Fehlern

Können Werte bei der Blutentnahme verändert werden?

Häufig auftretende Fehler

Hämolyse



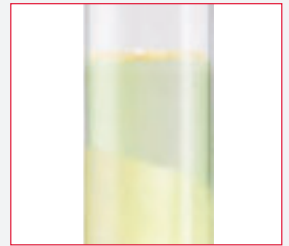
44 %²

Unterfüllung



17 %²

Blutgerinnsel



8 %²

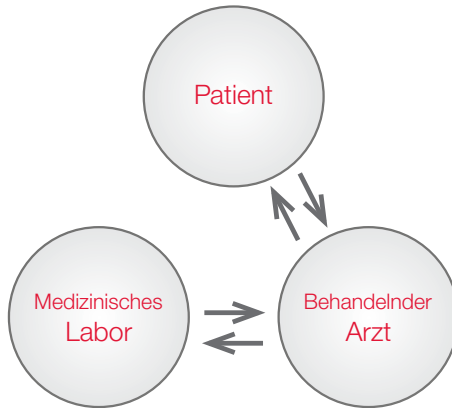
² Bonini et al.; Errors in Laboratory Medicine; Clin Chem 2002; 48(5): 691-98

Merke: 70–85 % der klinischen Entscheidungen beruhen auf Laboranalysen-Ergebnissen!³

³ Foubister, Vida. Cap Today Bench press: The Technologist/technician shortfall is putting the squeeze on laboratories nationwide September 2000; Datta, P. Resolving Discordant Samples. Advance for the Administrators of Laboratories; 2005: p.60

1.3 Erfolgsfaktor Kommunikation

Kommunikation zwischen den beteiligten Personen vereinfacht die Arbeitsabläufe, vermeidet Missverständnisse und verhindert präanalytische Fehler aufgrund fehlender oder falscher Informationen.



Merke: Probleme aus dem Bereich der Präanalytik können nie alleine gelöst werden, sondern nur in enger Kooperation mit den beteiligten Personen, wie z. B. den Ärzten, den Medizinischen Fachangestellten bzw. dem Pflegepersonal oder dem Labor.

Zielsetzung

Standardisierte Bedingungen für ...

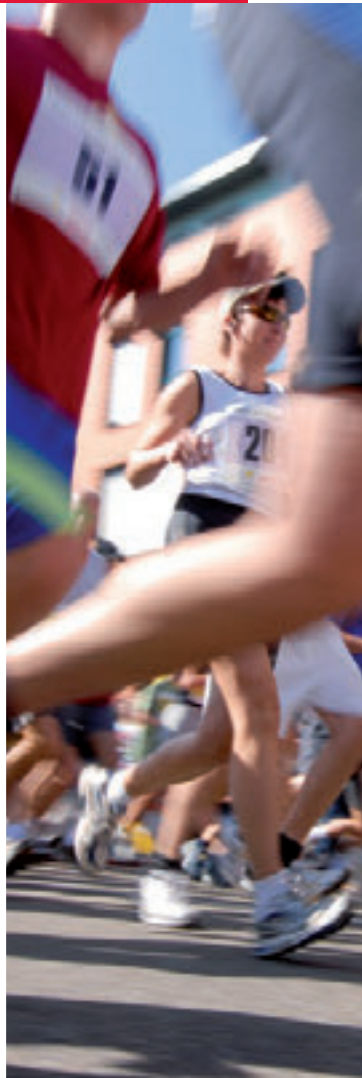
- Vorbereitung der Blutentnahme
- Blutentnahmevorgang
- Lagerung/Transport zum Labor

Ergebnis

- Sicherheit für Patienten
- Prozesskostenreduzierung (Arbeitszeit!)

2 Einflussgrößen & Störfaktoren

„Von der Blutentnahme über die Erstellung plausibler Analyseergebnisse bis hin zur Befundinterpretation ist eine genaue Kenntnis und Beachtung von Einflussgrößen und Störfaktoren zwingend erforderlich.“



2.1 Einflussgrößen

Welche Verantwortung trägt der Patient?

- Richtige Angaben zur Anamnese
- Medikation angeben (z. B. Macumar, Verhütungsmittel – Pille, Nahrungsergänzungsmittel)
- Ernährung (z. B. vegan, vegetarisch, Diät, Fasten)
- Richtiges Sammeln (Blut, Urin, Stuhl, etc.)

Wichtig für die richtigen Angaben zur Anamnese ist, dass **vor** der Probenentnahme auch die richtigen Fragen gestellt werden.

Daher ist die Berücksichtigung möglicher Einflussgrößen wichtig, denn:

***Einflussgrößen verändern die Konzentration von Analyten.
Die Beeinflussung der Konzentration ist unabhängig von
der Krankheit und bei der Bewertung der Ergebnisse zu
berücksichtigen.***

Die im folgenden Kapitel aufgeführten Einflussgrößen und Störfaktoren sind keine umfassende Aufzählung. Zur Veranschaulichung der Thematik wurden verschiedene Beispiele aufgeführt.

2.1.1 Nicht beeinflussbare Einflussgrößen



Population

Signifikante Unterschiede bei Blutwerten findet man bei der afrikanischen Population im Vergleich mit der europäischen Population.

- die Leukozytenzahlen sind signifikant tiefer
 - die Vitamin B12-Konzentration ist 1,35-fach höher
 - die Referenzbereiche für Kreatinin, die CK und alpha-Amylase liegen deutlich höher
- Bei Asiaten ist im Vergleich zu Europäern die Aktivität der Alkoholdehydrogenase herabgesetzt. Außerdem besteht eine erhöhte Laktoseintoleranz in der asiatischen Bevölkerung.



Geschlecht

Neben anderen geschlechtsspezifischen Komponenten (z. B. Hormone) wirkt sich die Muskelmasse auf einzelne Messgrößen aus.

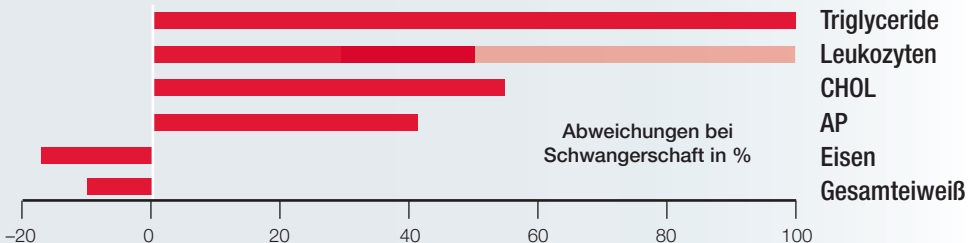
- CK und Kreatinin sind von der Muskelmasse abhängig und deshalb findet man in der Regel bei Männern deutlich höhere Wertelagen
- die Verwendung geschlechtsspezifischer Referenzbereiche ist für viele Messgrößen sinnvoll



Schwangerschaft

Die Blutsenkungsgeschwindigkeit steigt im Verlauf der Schwangerschaft um das 5-fache an.¹

¹ Guder et al.; Proben zwischen Patient und Labor; 2009



⁴ Seelig et al.; Präanalytik; 2008

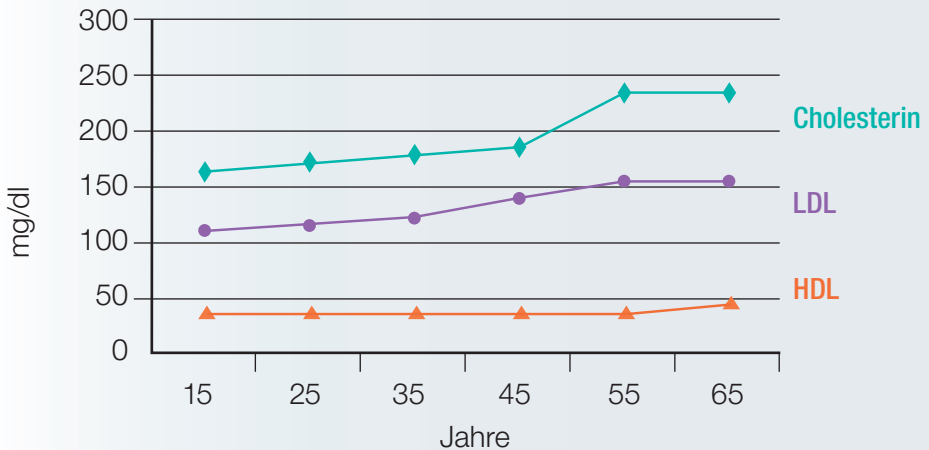


Lebensalter

Mit zunehmendem Alter tritt bei beiden Geschlechtern häufig ein Anstieg des Cholesterin auf. Die Aktivität der Alkalischen Phosphatase im Blutplasma wird durch den Knochenstoffwechsel beeinflusst und ist entsprechend bei Kindern in der Wachstumsphase und nach Knochenbrüchen am höchsten.

Bei Säuglingen findet man höhere Bilirubin-, Hämatokrit- und HbF-Werte (weitere Beispiele siehe *Kapitel 5 – Blutentnahmen in der Pädiatrie*).

Altersabhängige Referenzbereiche sind deshalb bei vielen Messgrößen wünschenswert, aber oftmals nicht existent.



⁵ Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043



Biologische Rhythmik

Die Vitamin D-Produktion (25OH) unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Im Sommer wird durch die stärkere UV-Strahlung daher mehr Vitamin D als im Winter synthetisiert.

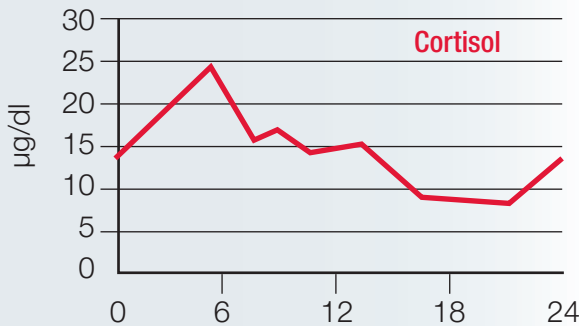


Zirkadianer Rhythmus

Auch bekannt als tagesrhythmische Schwankung, damit werden erwartungsgemäße Konzentrationsunterschiede innerhalb eines Tages bei bestimmten klinisch-chemischen und endokrinologischen Messgrößen (z. B. Renin, Cortisol, Adrenalin, Noradrenalin, VMS und TSH) bezeichnet.

Bei solchen Messgrößen ist der Entnahmezeitpunkt elementar wichtig. Kontrollmessungen sollten immer zum gleichen Entnahmezeitpunkt durchgeführt werden. Grundsätzlich sollte der Zeitpunkt der Entnahme dokumentiert und an das Labor mitgeteilt werden.

Alternativ können 24h-Sammelproben (z. B. Urin oder Speichel) helfen, vergleichbare Ergebnisse zu ermitteln. Besonders Cortisol als Stressindikator ist ein bekanntes Beispiel. Die höchste Cortisolkonzentration kann morgens gemessen werden.



Merke:

Der zirkadiane Rhythmus (die biologische Uhr) kann sich durch Reisen in andere Zeitzonen und/oder Schichtdienste verschieben. Bei tagesrhythmisch beeinflussten Messgrößen sollte dies im Zuge der Anamnese mit abgefragt werden.

⁵ Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043

2.1.2 Beeinflussbare Einflussgrößen



Drogenkonsum

Bei regelmäßigem Drogenkonsum von z. B. Cannabis, Heroin oder Morphinen verändern sich die untenstehenden klinisch-chemischen Messgrößen wie folgt im Blut:

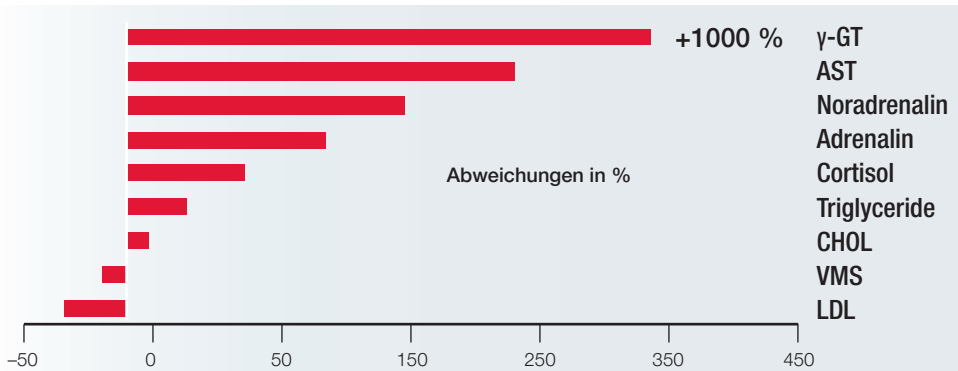
Bei Cannabiskonsum steigen im Blut Chlorid, Harnstoff, Insulin, Kalium und Natrium an. Glukose, Harnsäure und Kreatinin dagegen sinken.

Cholesterin, Kalium und Thyroxin steigen unter Heroinkonsum an. Bei der Einnahme von Morphinen kommt es zum Anstieg von ALT, Amylase, AP, Bilirubin, Lipase, Prolaktin und TSH. Insulin und Noradrenalin fallen unter Morphinkonsum ab.



Genussmittel: Alkohol

Bei chronischem Alkoholmissbrauch sind die Aktivitäten der Leberenzyme, wie γ -GT, AST/ALT erhöht; Folsäure und Vitamin B6 jedoch erniedrigt.

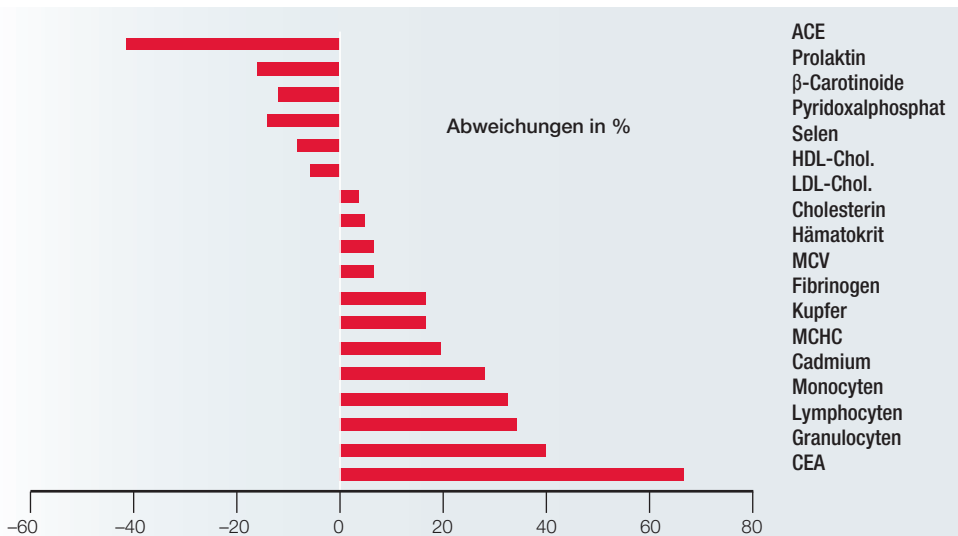


⁴ Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043, Kapitel 3.3.3



Genussmittel: Nikotin

Chronischer Nikotingenuss erhöht die Anzahl der Leukozyten, Tumormarker wie CEA (bei Männern hochsignifikant) und plazentare AP (PLAP).



⁴ Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043, Kapitel 3.3.4



Genussmittel: Koffein

Schon 200 mg Koffein (2 Tassen Robusta Kaffee oder 2–4 Tassen Arabica Kaffee) erhöhen sowohl den Adrenalin-, Noradrenalin- sowie Cortisolspiegel (Cortisol + 40 %).



Medikamentengabe

Unter dem Einfluss von Penicillin und Ibuprofen kann Kalium im Plasma ansteigen, unter Insulin-Einfluss fällt es ab. Bei Penicillingabe verlängert sich ebenfalls die Thromboplastinzeit (Quick).

Durch Einnahme von Acetylsalicylsäure (ASS) erhöhen sich die Werte AST (GOT), ALT (GPT), Kreatinin sowie Harnsäure in Abhängigkeit von der Dosierung.

Das Medikament Phenobarbital, welches in der Epilepsiebehandlung und zur Narkosevorbereitung eingesetzt wird, wirkt enzyminduzierend. Die Aktivität von AP und γ -GT nimmt zu, während die Bilirubin-Konzentration im Blut abnimmt.

Desweiteren wirken sich verabreichte Diuretika auf den Elektrolythaushalt aus. Hier zeigt sich der Effekt in Abhängigkeit von der Stoffklasse, z. B. bei Kalium, Kalzium und Magnesium.

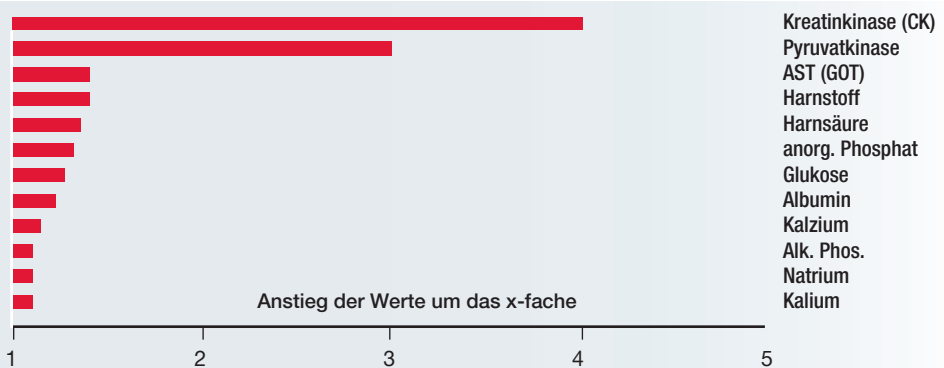
Bei Gabe von Pantoprazol (Protonenpumpenhemmer) kann sich die Kalziumkonzentration im Blut verringern.

Laxantien (Abführmittel) können zu einer Abnahme von Kalium führen.



Körperliche Aktivität

Körperliche Aktivität im Vergleich zum Ruhezustand kann zum Anstieg verschiedener klinisch-chemischer Messgrößen im Blut führen.



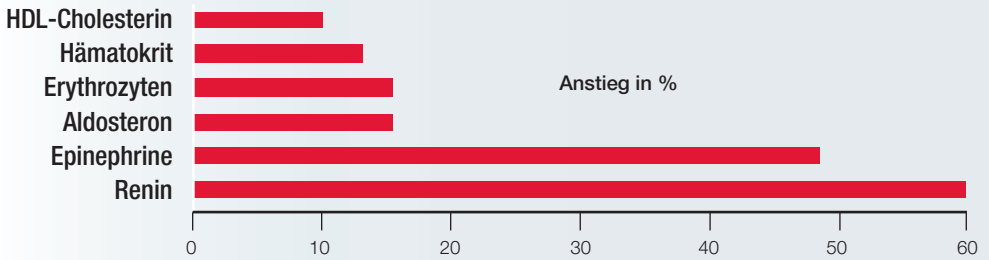
⁵ Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043

Körperliche Aktivität bezieht sich in diesem Fall auf außergewöhnliche körperliche Belastung. Für gesunde Menschen kann dies z. B. ein Marathon-Lauf sein, für einen bettlägerigen Patienten dagegen kann auch der Weg zur Praxis schon als außergewöhnliche körperliche Belastung zählen.



Einfluss der Körperlage

Je nach Körperlage ist die Verteilung des Körperwassers unterschiedlich. Dies führt dazu, dass Parameter wie Blutzellen, Eiweiße und an Eiweiß gebundene Substanzen bei sitzenden Patienten höher konzentriert sind als bei liegenden Patienten.



⁵ Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043



Ernährungsbedingte Veränderungen

Veränderung von Analyt-Konzentrationen bei 4-wöchigem Fasten oder nach einer Standardmahlzeit von 800 kcal.

Analyte	Änderung in %	
	Fasten	Standardmahlzeit
Albumin, Gesamteiweiß	- 10	+ 5
Bilirubin		+ 15
Kalzium		+ 5
γ-Glutamyltransferase (γ-GT)	- 50	
Glukose		+ 15
AST (GOT)	+ 30	+ 20
ALT (GPT)		+ 10
Harnsäure	+ 20	+ 5
Harnstoff	- 20	+ 5
Kalium		+ 10
Kreatinin	+ 20	
Phosphor		+ 15
Triglyceride	- 40	

⁴ Seelig et al.; Präanalytik; 2008

2.2 Störfaktoren

Störfaktoren können Messergebnisse verändern und methodenabhängig interferieren. Durch Änderung der Messmethode können Störfaktoren gegebenenfalls eliminiert werden.

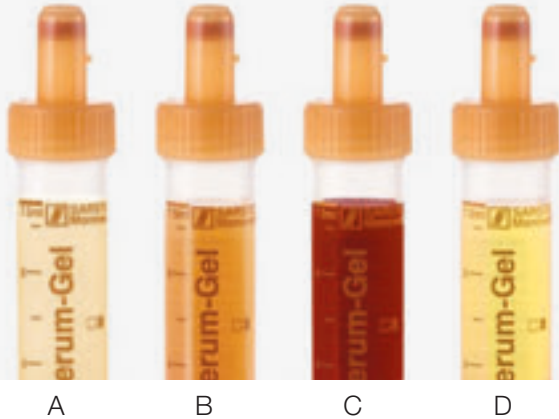


Bild	Bezeichnung	Mögliche Ursache
A	Lipämie	Krankheitsbedingt oder Patient nicht nüchtern
B	Ikterie	Syndrom- bzw. krankheitsbedingt
C	Hämolyse	Präanalytischer Fehler oder krankheitsbedingt
D	Normal	Gute und richtige präanalytische Bedingungen

Man unterscheidet körpereigene (endogene) und körperfremde (exogene) Störfaktoren. Im Folgenden sind Beispiele für Störfaktoren beschrieben:

Körpereigene Störfaktoren (endogene)

Ursache	Konsequenz
<ul style="list-style-type: none"> - Gilbert Syndrom - Crigler-Najjar-Syndrom - Akute Hepatitis - Akutes Leberversagen 	<ul style="list-style-type: none"> → Hyperbilirubinämie = Ikterie → Mögliche Störung z. B. bei Cholesterin, Kreatinin, Harnsäure
<ul style="list-style-type: none"> - Sphärozytose - Immunhämolyse - Hämolisierende Antikörper - Hämoglobinopathie 	<ul style="list-style-type: none"> → Hämolyse → Signifikante Verfälschung vieler optischer Messmethoden → Erhöhte Messwerte durch Freisetzung aus Erythrozyten (z. B. Kalium, LDH, AST)
<ul style="list-style-type: none"> - Hyperlipoproteinämie - Fettstoffwechselstörung 	<ul style="list-style-type: none"> → Lipämie → Patient zur Blutentnahme nicht nüchtern → Signifikante Verfälschung vieler optischer Messmethoden falsch-niedrige Werte bei Elektrolytbestimmungen (Natrium, Kalium) durch Verdünnungseffekt
<ul style="list-style-type: none"> - Hämatokrit > 65 % 	<ul style="list-style-type: none"> → Erhöhung von PTZ und aPTT6
<ul style="list-style-type: none"> - Hämatokrit < 20 % 	<ul style="list-style-type: none"> → Erniedrigung von PTZ und aPTT

⁶ Endler et al.; The importance of preanalytics for the coagulation laboratory; Hämostaseologie 2010; 30(2): 63-70

Körperfremde Störfaktoren (exogene)

Ursache	Konsequenz
<ul style="list-style-type: none"> - Arzneimittel (Infusionslösung, Antibiotika, Blutprodukte) - Antikoagulanzen (Kontamination durch Verschleppung von Präparierung) - Kontaminationen (Bakterien, Pilze, bakterieller Biofilm aus ZVK für Blutkultur) 	<ul style="list-style-type: none"> → falsche Messergebnisse (Erhöhung und Erniedrigung möglich)
<ul style="list-style-type: none"> - Fahrradfahren oder Reiten 	<ul style="list-style-type: none"> → kann den PSA-Wert erhöhen

3 Die venöse Blutentnahme

„Venöses Blut ist das wichtigste Untersuchungsmaterial zur Beantwortung medizinischer Fragestellungen.

Die richtige Blutentnahmetechnik ist somit von besonderer Bedeutung.“



3.1 Vorbereitung des Patienten

Informieren des Patienten

- Auf verständliche Weise über die bevorstehende diagnostische Maßnahme und deren Sinn und Zweck, hilft Angst und Stress abzubauen.

Erklärung über gewisse Vorschriften,

die einzuhalten sind, sollten Patienteninformationen ergänzen, z. B.

- Einnahme von Arzneimitteln
- Einhaltung bestimmter Diäten
- Probennahme nüchtern (außer Notfalldiagnostik)

Besonders Kinder bedürfen einer behutsamen Vorbereitung, jedoch müssen die Informationen ihrem Begriffsvermögen angepasst sein.

3.2 Welche Verantwortung trägt die blutabnehmende Person?

- Organisation der Probenentnahme
- Richtige Dokumentation (Patientenidentifizierung und Tageszeit)
- Belehrung und Vorbereitung des Patienten für die Probenentnahme
- Aufbereitung der Probe (ggf. Zentrifugation)
- Lagerung bis zur Abholung (ggf. Kühlen/Wärmen)

Achtung:

Die Kommunikation mit dem Labor und ggf. mit dem Transportdienst ist für Transport und richtiges Lagern unerlässlich!

Mehr Informationen finden Sie im *Kapitel 10 – Transport & Lagerung*.

3.3 Identifizierung

Patientenidentifizierung

- Name
- Vorname
- Geburtsdatum
- Evtl.: Aufnahme­nummer, Station, Zimmer­nummer

Verwechslungen geschehen nicht nur bei häufigen Namen.

Wichtig: Immer direkte Fragen stellen.

Nie: “Sie sind doch Herr Müller?”

Sonst könnte diese Frage von einem schwerhörigen, tauben oder senilen Patienten mit einem erfreuten Kopfnicken bejaht werden.

Der Patient, der auf dem angegebenen Bett sitzt, könnte auch ein Besucher sein.

Bei unklarer Identität des Patienten sollte jegliche Probenentnahme verweigert oder nur unter Vorbehalt durchgeführt werden.

Identifizierung der Blut entnehmenden Person

Die Identität der entnehmenden Person sollte für jede Probe feststellbar sein.

- evtl. Kennzeichnung auf dem Anforderungsbeleg

Rückfragen über Art und Zeitpunkt der Entnahme, evtl. Probleme bei der Probengewinnung, den Zustand des Patienten und andere wichtige Einzelheiten könnten bei unklaren Befunden eine Hilfe sein.

Identifizierung des anfordernden Arztes

Die Identität des anfordernden Arztes ermöglicht Rückfragen bei

- unleserlichen Anforderungen (z. B. Überweisungsschein)
- falschen Anforderungen (z. B. Prostataphosphatase bei einer weiblichen Patientin)
- Eingrenzung auf wichtigste Analysen bei zu geringem Probenmaterial

Identifizierung der Probe

- **Probengefäße** ohne eindeutige Identifizierung sollten niemals analysiert werden.
- **Barcode-Etiketten** sorgen auch hier für eine sichere Identifizierung.
- Die **Identifizierung** sollte stets auf dem Primärgefäß erfolgen.
- Für **Glas- oder Kunststoffgefäße** nur wasserfeste Filzstifte verwenden.
- **Zusätze** (Gerinnungshemmer, Gerinnungsaktivator, Gel) sind durch einen Farbcode der Probengefäße gekennzeichnet. Aufgrund fehlender internationaler Standardisierung kann ggf. eine zusätzliche Kennzeichnung erforderlich werden.

Identifizierung der Probe nie auf Deckel, Umverpackung oder Transportbehälter durchführen.

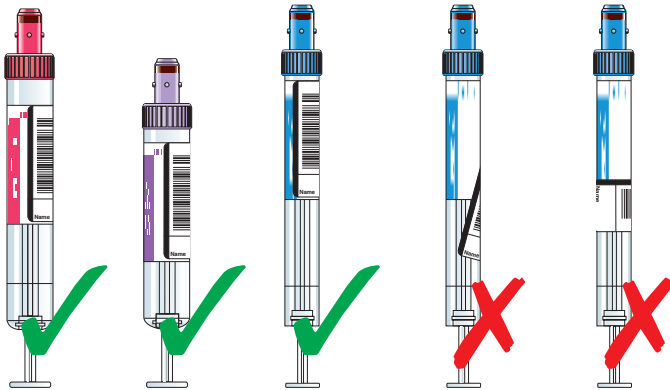


Rechtliche Voraussetzungen & Etikettierung

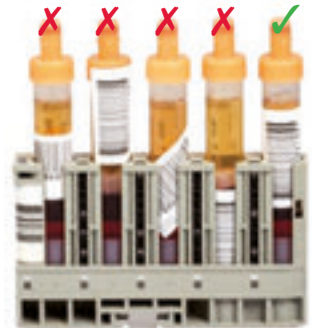
- Das eingesandte Untersuchungsmaterial und Teilmengen davon müssen eindeutig einem Patienten zuzuordnen sein. Ist dies nicht möglich, darf das Material durch das medizinische Laboratorium nicht bearbeitet werden.

⁷ RiLiBÄK § 6.1.7. Teil A5

Lösung: Probengefäß unmittelbar vor der Blutentnahme mit dem Barcode versehen.



- Probengefäße sind richtig etikettiert, wenn:
 - eine freie Sicht auf den Inhalt gewährleistet ist
 - die Kontrolle des Füllstandes möglich ist
 - der Schraubverschluss ungehindert zu entfernen ist
 - Röhrchen und Etikett sich in der Zentrifuge nicht verklemmen oder verkleben



3.4 Anwendungsbereiche

Bezeichnung	Orientiert an BS 4851 (EU-Code)	ISO 6710:2017	Anwendungsbereich
S-Monovette® Serum			Klinische Chemie, Serologie, Spezial- untersuchungen
S-Monovette® Serum-Gel			Klinische Chemie, Serologie (nur Routinediagnostik)
S-Monovette® Citrat (1:10)			Gerinnungsanalytik (z. B. Quick, PTT, TZ, Fibrinogen)
S-Sedivette® BSG (1:5)			BSG Bestimmung nach Westergren bzw. S-Sedivette®
S-Monovette® Lithium-Heparin			Plasmagewinnung für Klinische Chemie, Serologie
S-Monovette® Lithium-Heparin-Gel			Plasmagewinnung für Klinische Chemie, Serologie
S-Monovette® EDTA KE			Hämatologie (z. B. Hb, HK, Erythrozyten, Leukozyten)
S-Monovette® Glucose FE/FH (Fluorid/EDTA)			Glukosebestimmung sowie enzym. Laktat
S-Monovette® GlucoEXACT (Fluorid/Citrat)			Glukosebestimmung (48 h stabil, bei RT)
S-Monovette® Metallanalytik			Metallanalytik

3.5 Entnahmereihenfolge

In der Vergangenheit ist die richtige Entnahmereihenfolge immer wieder intensiv diskutiert worden. Aktuelle Erkenntnisse und Studien zeigen indes, dass bei Verwendung eines modernen Blutentnahmesystems eine Verschleppung von Additiven bei sachgerechter Handhabung eines geschlossenen Blutentnahmesystems sehr unwahrscheinlich ist. Beispielsweise wurde bei der Entnahme mit der Safety-Kanüle und der S-Monovette® keine Verschleppung von EDTA nachgewiesen.⁸











Im Falle einer Verschleppung von EDTA in ein Serum- oder Heparin-Röhrchen kann z. B. Kalium erhöht und Kalzium erniedrigt sein.⁹

Um auch für schlechteste Bedingungen bei der Blutentnahme größtmögliche Sicherheit zu schaffen, empfehlen wir aber dennoch, eine der folgenden Entnahmereihenfolgen einzuhalten.





⁸ Sulaiman, Effect of order of draw samples during phlebotomy on routine biochemistry results; J Clin Pathol. 2011; 64(11): 1019–20
⁹ Calam et al.; Recommended "Order of Draw" for Collecting Blood Specimens into Additive-Containing Tubes; Clin. Chem.; 1982; 28(6): 1399

Empfohlene Entnahmereihenfolge

Nach Gurr¹⁰:

Orientiert an BS 4851 (EU-Code)	ISO 6710:2017	
		Blutkultur
		Serum-/ Serum-Gel Blut
		Citrat Blut
		Heparin-/ Heparin-Gel Blut
		EDTA Blut
		Fluorid-/ Citrat-Fluorid Blut

Nach CLSI¹¹:

Orientiert an BS 4851 (EU-Code)	ISO 6710:2017	
		Blutkultur
		Citrat Blut
		Serum-/ Serum-Gel Blut
		Heparin-/ Heparin-Gel Blut
		EDTA Blut
		Fluorid-/ Citrat-Fluorid Blut

¹⁰ Gurr et al.; Musterstandardarbeitsanweisung Präanalytik; J Lab Med 2011

¹¹ CLSI Procedures for the Collection of Diagnostic Blood Specimens by Venipuncture, Approved Standard 2007, 6th edition GP 41-A6 (former H3-A6), 27 (26)

3.6 Vermeidung von Unterfüllung

Zur Vermeidung von Fehlmessungen oder Abweisung von Proben im Labor aufgrund von Unterfüllung ist ein exaktes Füllvolumen erforderlich. Dies sollte generell bei allen Präparierungen berücksichtigt werden.

Besonders zwingend erforderlich ist eine exakte Befüllung des Blutentnahmesystems bei Citrat-Röhren für die Gerinnungsanalytik.

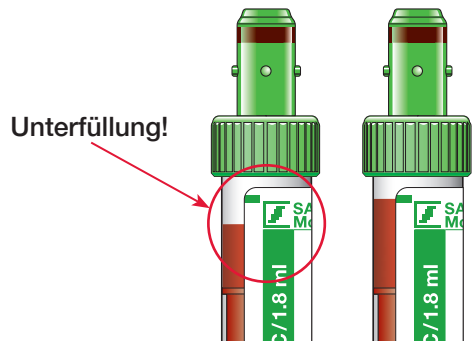
Die Unterfüllung verursacht hier einen Überschuss an Citrat im Röhrchen (Verhältnis Blut zu Präparierung). Da Citrat Kalzium bindet, wird somit mehr Kalzium gebunden, als erwartet. Dies hat einen direkten Einfluss auf die Analysenergebnisse.

Falls bei der Blutentnahme mit einer Safety-Multifly®-Kanüle Citrat als erstes entnommen wird, führt dies aufgrund des Totvolumens im Schlauch zu einer Unterfüllung.

Merke: Je länger der verwendete Schlauch, desto größer die Unterfüllung

Totvolumen = Volumen im Schlauch:

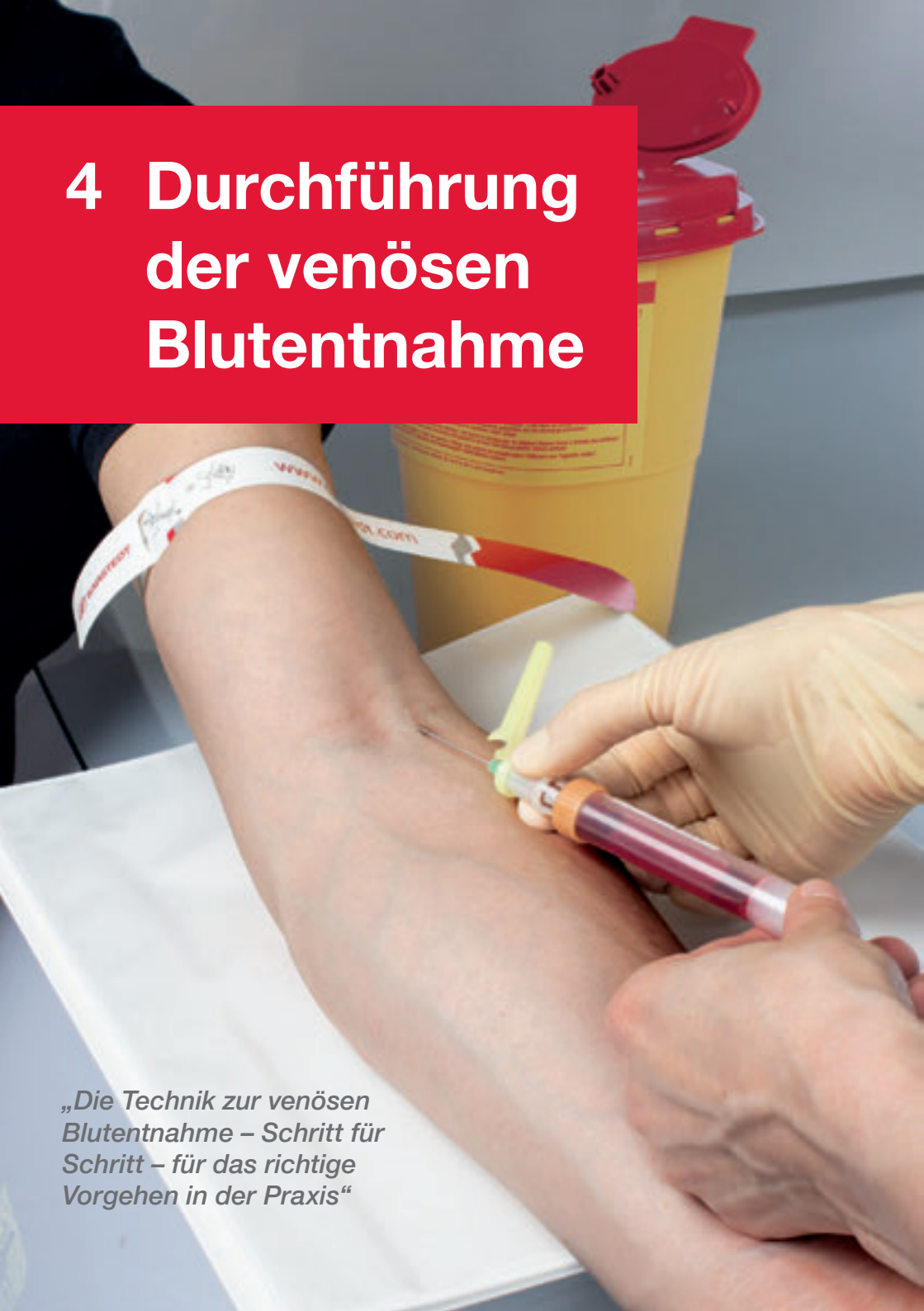
30 cm Schlauch:	ca. 450 µl
20 cm Schlauch:	ca. 300 µl
8 cm Schlauch:	ca. 120 µl



Daher sollte zur Befüllung/Entlüftung des Schlauches eine erste Röhre (Citrat/Neutral) abgenommen und dann verworfen werden (Leerröhrchen/Verwerf-Röhrchen). Erst danach ist die eigentliche Citrat-Röhre abzunehmen.

4 Durchführung der venösen Blutentnahme

*„Die Technik zur venösen
Blutentnahme – Schritt für
Schritt – für das richtige
Vorgehen in der Praxis“*



4.1 Standardbedingungen der Blutentnahme

- Keine ungewöhnlichen, extremen körperlichen Aktivitäten 3 Tage vor der Blutentnahme
- Keine Alkoholexzesse am Tag vorher (Alkoholkarenz von 24 Stunden)
- Zwischen 7 Uhr und 9 Uhr nüchtern (d.h. Nahrungskarenz von 12 bis 14 Stunden, Wasser trinken ist erlaubt)
- Mindestens 10 Minuten vor der Blutentnahme ruhen (sitzen oder liegen)
- „Pumpen“ vermeiden! Öffnen und Schließen der Faust führt zu beträchtlichem Kaliumanstieg (bis zu 2 mmol/l) im Serum/Plasma
- Maximal 1 min. (besser 30 Sekunden) stauen
- Gefäß punktieren, Stauung lösen, Blut entnehmen
- Medikamente: in Absprache mit dem Arzt nehmen oder absetzen

4.2 Gewinnung des Untersuchungsmaterials: 12 Schritte

1. Händedesinfektion! Handschuhe!
2. Venenstaubinde anlegen
3. Venen begutachten und Auswahl treffen
4. Desinfizieren!
5. Punktionsstelle nicht mehr abtasten!
6. Schutzhülle der Safety-Kanüle entfernen!
7. Schliffseite der Kanüle nach oben!
8. Einstichwinkel unter 30°!
9. Haut spannen; Vene fixieren!
10. Evtl. Patient „vorwarnen“!
11. Bei Blutfluss Stauung lockern!
12. Proben entnehmen; Reihenfolge beachten!

4.3 Venenstauung & Punktionsstellen



Anlegen der Venenstaubinde eine Handbreit oberhalb der Punktionsstelle

Puls muss fühlbar sein
(Staudruck 50–100 mm Hg)

Stauzeit max. 1 Minute



Gemäß gültigem Hygieneplan desinfizieren



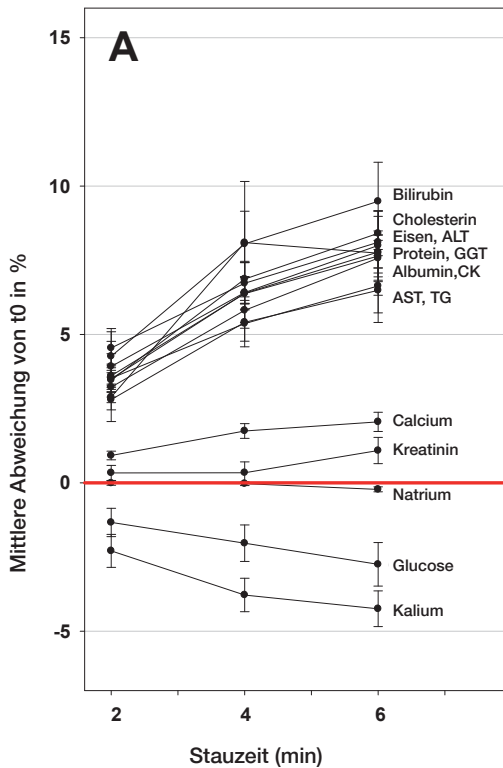
Punktionsstellen

- 1 Vena basilica
- 2 Vena mediana cubiti (es handelt sich um die nicht blau durchscheinende dicke, tiefer gelegene Vene, die hier nur als Vorwölbung sichtbar wird)
- 3 Vena cephalica, verläuft an der Daumenseite
- 4 Vena cephalica
- 5 Vena basilica
- 6 Rete venosum dorsale manus

Stauzeit

Eine Stauung länger als 1 Minute kann zur Konzentrationsverschiebung von Messergebnissen führen. Bei hochmolekularen Substanzen (z. B. Gesamt-Protein) sowie auch proteingebundenem Kalzium können falsch-hohe Messwerte auftreten (insgesamt besonders relevant bei Messgrößen mit relativ engen Referenzbereichen). Kalium-Messwerte können mit Zunahme der Stauzeit abfallen.

Vergleich – 2 min. zu 6 min. Stauung



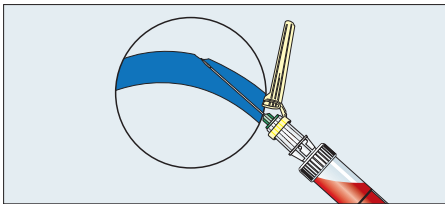
¹² Lichtinghagen et al.: Einfluss der Stauzeit auf normalisierte Laborwerte; J Lab Med 2013; 37(3): 131–37

4.4 Probleme vor/während der Blutentnahme

Schlechte Venenverhältnisse

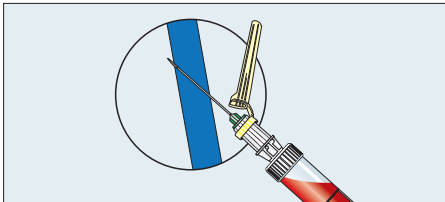
- Andere Punktionsstelle suchen
- Wärmekissen oder warmes Tuch auflegen
- Safety-Multifly®-Kanüle verwenden
- Blutentnahme mit der Aspirationsmethode durchführen

Stopp des Blutflusses während der Entnahme



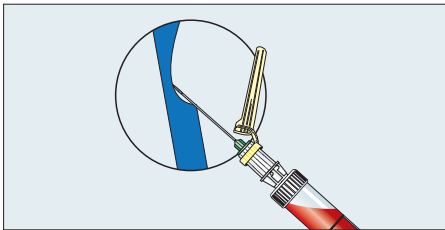
Kanülenöffnung liegt an Venenwand an **Lösung:**

Leichtes Zurückziehen der Kanüle, bis der Blutfluss wieder einsetzt.



Kanüle hat Vene durchstoßen **Lösung:**

Leichtes Zurückziehen der Kanüle, bis der Blutfluss wieder einsetzt.



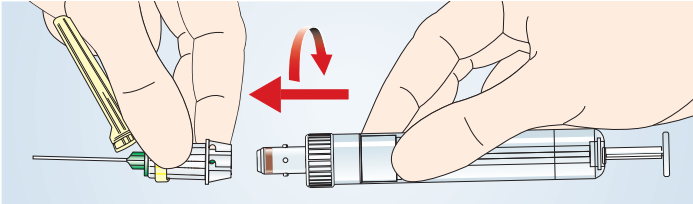
Vene ist kollabiert **Lösung:**

Warten, bis sich die Vene erholt hat, dann vorsichtig aspirieren.

- „Pumpen“ mit der Faust führt durch Muskelaktivität zum Anstieg von K^+ und Mg^{2+}
- Zu lange Stauung verändert Parameter wie z. B. K^+ , γ -GT
- „Verbiegen“ der Safety-Kanüle ist bei der S-Monovette® nicht erforderlich, da der Einstichwinkel standardmäßig sehr flach ist. Lumenänderung durch Verbiegen kann Zellen schädigen (Hämolyse).
- Zu dünne Kanüle kann ebenfalls zu Hämolyse führen.

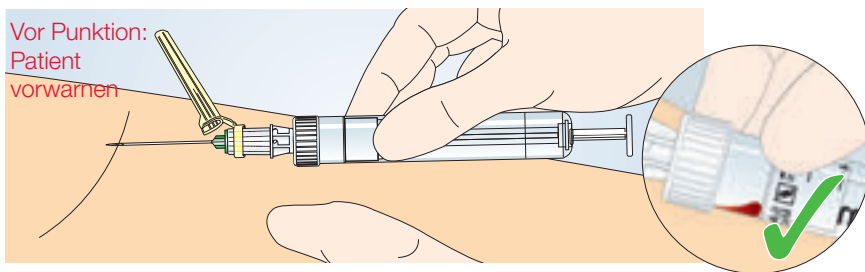
4.5 Aspirations- & Vakuumtechnik

4.5.1 S-Monovette® Aspirationstechnik

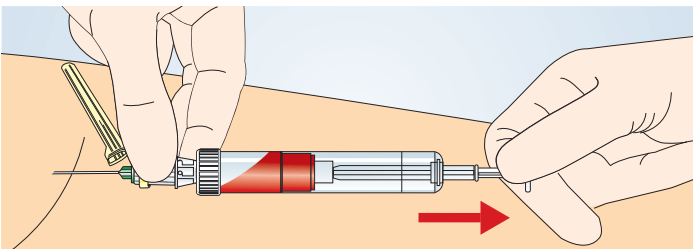


WICHTIG:

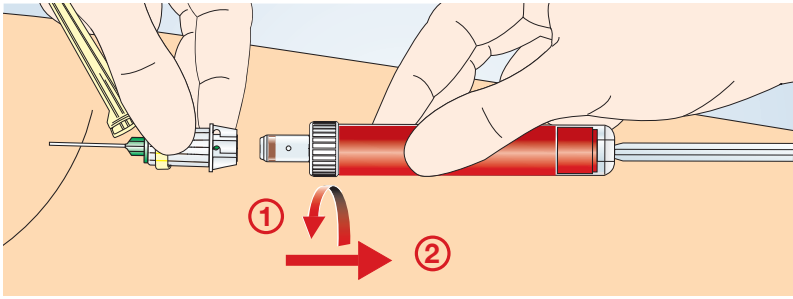
- Erst unmittelbar vor der Punktion die Safety-Kanüle durch leichtes Drehen im Uhrzeigersinn an der S-Monovette® arretieren.



- Mit dem Daumen der freien Hand die Haut durch Zug spannen. Vene fixieren. Patient „vorwarnen“ und punktieren. Sobald die Vene erfolgreich punktiert ist, tritt ein erster Blutropfen in die S-Monovette® ein. Daran sieht der Anwender, ob die Vene getroffen wurde.

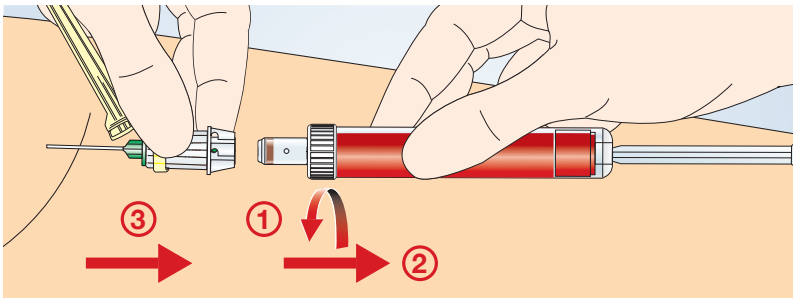


- Stauung lösen und die Kolbenstange bis zum Anschlag langsam zurückziehen. Warten, bis der Blutstrom stoppt.

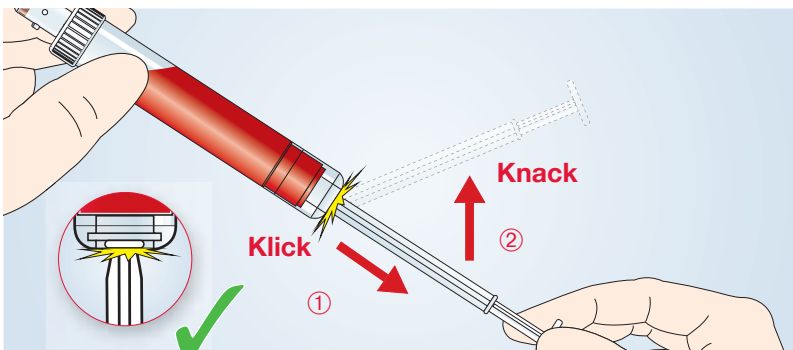


- Nach Beendigung der **einzelnen** Blutentnahmen, die S-Monovette® 1 – 2 x schwenken.
- Wechsel der S-Monovette® bei Mehrfachentnahmen. S-Monovette® durch leichtes Drehen entgegen dem Uhrzeigersinn aus der Safety-Kanüle lösen. Die Safety-Kanüle bleibt in der Vene.

Beendigung der Blutentnahme



- **Zuerst** die S-Monovette® lösen und **dann** die Safety-Kanüle aus der Vene ziehen.

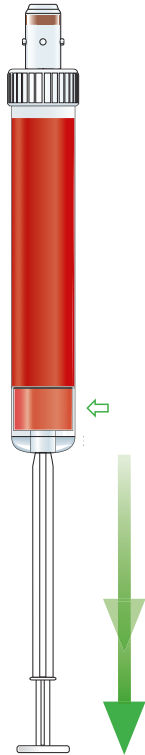


WICHTIG:

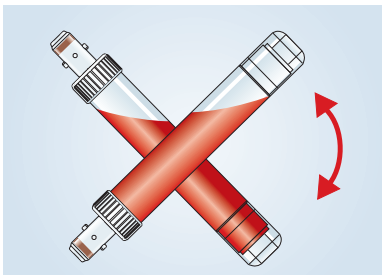
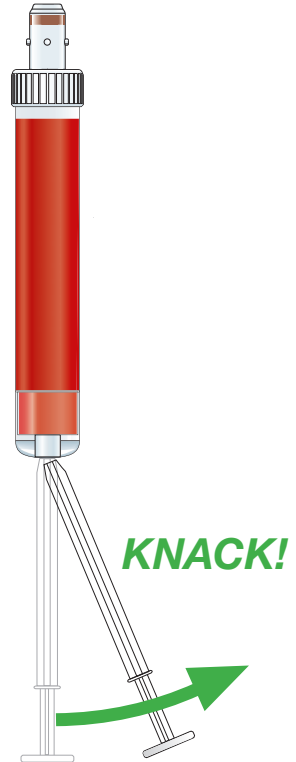
Nach der Blutentnahme die Kolbenstange bei allen S-Monovetten in die „Knack“-Position ziehen und abbrechen!

Ziehen Sie die Kolbenstange gerade zurück, bis der Kolben mit einem hörbaren **KLICK!** einrastet.

Kolben bis ganz nach hinten ziehen → ←

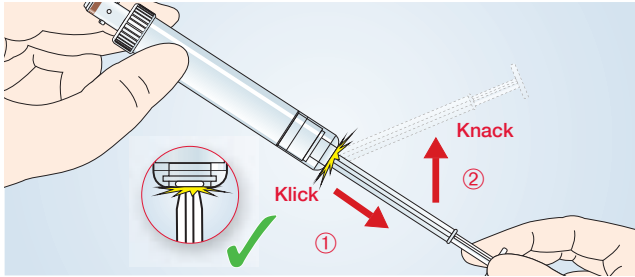


Erst dann brechen Sie die Kolbenstange ab! **KNACK!**

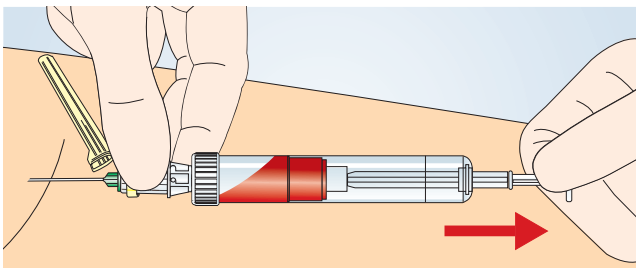
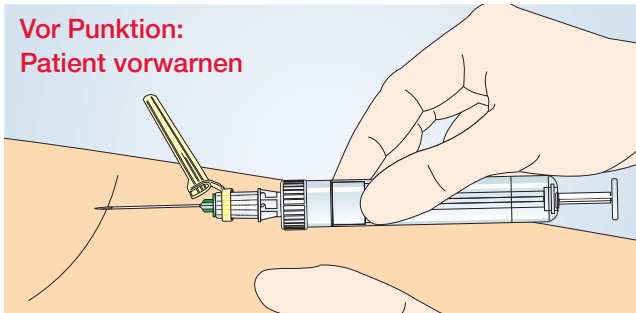


- Nach Beendigung der **kompletten** Blutentnahme, alle S-Monovetten gründlich über Kopf schwenken.

4.5.2 S-Monovette® Vakuumtechnik

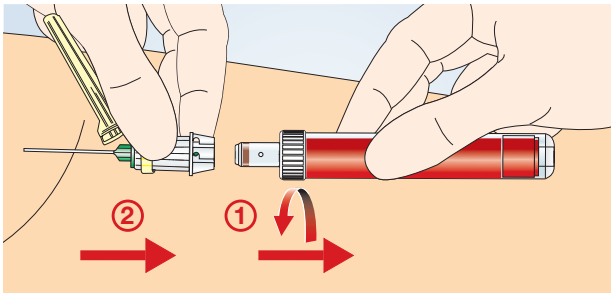
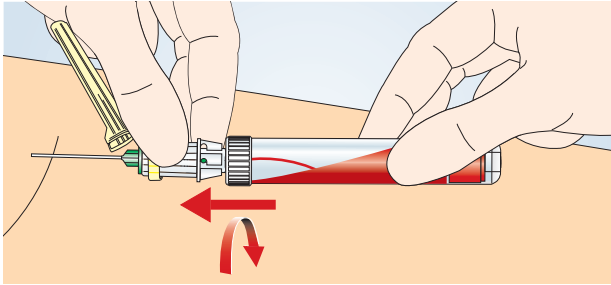


- S-Monovetten vorbereiten – Herstellung eines frischen Vakuums
Dafür die Kolbenstange zurückziehen und den Kolben im S-Monovettenboden einrasten („Klick“). Dann die Kolbenstange abbrechen („Knack“).
- Prinzipiell empfehlen wir die erste S-Monovette® mit der Aspirationstechnik abzunehmen, um so die Blutentnahme schonend zu beginnen.

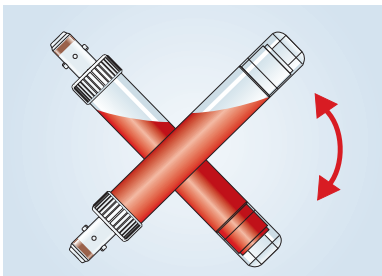


- Nach Beendigung der einzelnen Blutentnahmen, die S-Monovette®
1 – 2 x schwenken.

- Jetzt kann die S-Monovette® in der Vakuumtechnik entnommen werden. Dabei die vorhandene S-Monovette® durch Drehen im Uhrzeigersinn in der Safety-Kanüle arretieren.



- Warten bis der Blutstrom stoppt, anschließend S-Monovette® aus der Safety-Kanüle lösen und danach Safety-Kanüle aus der Vene ziehen.
- Nach Beendigung der **kompletten** Blutentnahme, alle S-Monovetten gründlich über Kopf schwenken.



4.6 Blutentnahme an Kathetern

Die Blutentnahme an Kathetern sollte aufgrund möglicher Verfälschung von Messwerten vermieden werden. Hämolyse und Kontaminationen durch Infusionen sind mögliche Risiken. Falls die Blutabnahme aus dem Katheter jedoch unumgänglich ist, muss folgendes beachtet werden:



- Zur Vermeidung von Verdünnungseffekten oder Kontaminationen sollten zwischen der letzten Infusion und der Blutentnahme mindestens 15 Minuten vergangen sein. Die Zeit ist abhängig von der Infusion und sollte konform der hausinternen Regelungen erfolgen.⁶
- Empfehlungen für den Zeitpunkt der Blutentnahme nach Infusionen¹

Infusion	Frühester Zeitpunkt (Stunden) für eine Blutentnahme nach Beendigung einer Infusion ¹
Fettemulsion	8
Kohlenhydratreiche Lösung	1
Aminosäuren, Proteinhydrolysate	1
Elektrolyte	1

- Falls der Katheter mit heparinhaltiger Lösung gespült wurde, sollte er vor der Blutentnahme für Gerinnungsanalysen mit Kochsalz gespült werden.¹³
- Vor der Blutentnahme sollten 5–10 ml Blut verworfen werden. Zur Vermeidung von Verwechslungen ist dieses Röhrchen entsprechend zu kennzeichnen.¹³

Grundsätzlich kann ein Hinweis an das Labor, dass die Probe an einem Katheter entnommen wurde, mögliche Interpretationsschwierigkeiten unplausibler Analysenergebnisse vereinfachen. Zur Therapiekontrolle von Medikamenten (TDM) ist besonders auf das Risiko einer Kontamination zu achten. Einwaschungen von Medikamentenresten können zu falsch hohen Werten führen.

¹ Guder et al.; Proben zwischen Patient und Labor; 2009

⁶ Endler et al.; The importance of preanalytics for the coagulation laboratory; Hämostaseologie 2010; 30(2): 63-70

¹³ Spannagl et al.; Hämostaseologische Globaltests; Hämostaseologi 2006

Hämolyse-Risikofaktor: Katheter

Bei der Blutentnahme an Kathetern ist die Vakuumtechnik aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten des Blutes nicht empfehlenswert. Hieraus resultiert ein hohes Hämolyse-Risiko.¹⁴⁻¹⁷

Mit der Aspirationstechnik ist ein schonendes, langsames Befüllen¹⁸ der S-Monovette® möglich. Dadurch wird das Risiko einer Hämolyse deutlich verringert.

¹⁴ Margo et al.; Obtaining blood samples from peripheral intravenous catheters: best practice; AJCC, 2009; 18(5)

¹⁵ Lippi et al.; Prevention of hemolysis in blood samples collected from intravenous catheters; Clin Biochem 2013; 46(7-8): 561-4

¹⁶ Heyer et al.; Effectiveness of practices to reduce blood sample hemolysis in EDs: A laboratory medicine best practices systematic review and meta-analysis Clin Biochem 2012; 45(13-14): 1012-32

¹⁷ Millius et al.; The „EPIQ“-Study (Evaluation of preanalytical quality): S-Monovette® in manual aspiration mode drastically reduces hemolytic samples in head-to-head study; 2021 Pract Lab Med 27 e00252

¹⁸ Benso; Can a blood sample for diagnostic exams be drawn from a peripheral venous catheter?; Assist Inferm Ric; 2015; 34(2): 86-92

Multi-Adapter – die direkte Verbindung

Die S-Monovette® kann mit Hilfe des Multi-Adapters direkt an Katheter konnektiert werden.

Die Verwendung von Einmalspritzen und das dadurch entstehende Hämolyse- und Kreuzkontaminationsrisiko kann vermieden werden.



- Zur Verbindung der S-Monovette® mit Luer-Verbindungen, z. B. In vitro Katheter oder Dreiwegehahn.

4.7 Blutentnahme für Blutkulturdiagnostik

Eine Sepsis ist umgangssprachlich als Blutvergiftung bekannt. Weniger bekannt ist, dass die Sterblichkeit (Letalität) bei ca. 50 %¹⁹ liegt.

Häufige Symptome:

- Apathie/Schwäche
- Fieber, Schüttelfrost
- Verwirrung
- Schwere und schnelle Atmung
- Schneller Puls, niedriger Blutdruck
- Kalte, schlecht durchblutete Hände und Füße (Zentralisation)

Sepsis ist ein Notfall, der eine frühestmögliche Diagnose und unmittelbare Therapie erfordert: internationale und nationale Behandlungsrichtlinien erfordern eine Antibiotikagabe innerhalb einer Stunde. Vor der Antibiotikagabe muss die Abnahme von mindestens 2 Blutkulturen erfolgen.

Der Zeitpunkt der Blutentnahme ist zu Beginn eines Fieberschubes an einer peripheren Vene zu empfehlen.

Die Blutentnahme aus venösen Zugängen (z. B. ZVK) ist nicht geeignet.

Die Aussagekraft wird in hohem Maße durch Vermeidung von Kontaminationen, Transportzeit, Lagerbedingungen und Mitteilung klinischer Informationen beeinflusst.²¹

Folgende Informationen sollten dem Labor mitgeteilt werden²⁰:

- Abnahmeort
- Abnahmedatum
- Patientenidentifizierung
- Verdachtsdiagnose
- u.U. Angaben zu laufender antibiotischer Therapie

¹⁹ Pschyrembel 2004

²⁰ Borde et al.; Abnahme von Blutkulturen; Dtsch Med Wochenschr; 2010; 135: 355-58

²¹ Simon et al.; Blutkulturdiagnostik – Standards und aktuelle Entwicklungen; J Lab Med; 2012; 36(4):199–207

4.7.1 Hygienische Anforderungen

Falsch-positive Blutkulturen sind in der Regel auf mangelhafte Hygienemaßnahmen zurückzuführen und ziehen gegebenenfalls verlängerte Krankenhausaufenthalte, unnötige antimikrobielle Therapien, zusätzliche Diagnostik und erhebliche Zusatzkosten nach sich.²¹

Die Blutentnahme mit Blutkulturflaschen muss unter Berücksichtigung der hygienischen Anforderungen erfolgen.

Zur Vermeidung von Kontaminationen sind folgende Schritte erforderlich:

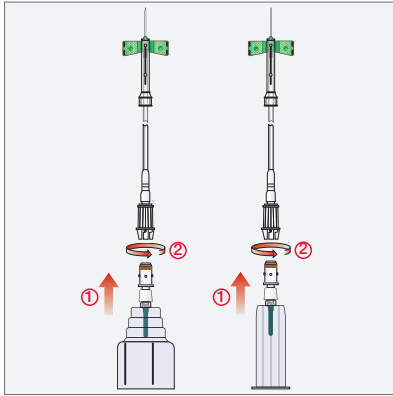
1. Hygienische Händedesinfektion
2. Handschuhe tragen
3. Desinfektion der Punktionsstelle (z. B. mit 70 % Isopropanol oder Hautdesinfektionsmittel)
 - a. Aufbringen des Desinfektionsmittels
 - b. Nochmaliges Aufbringen des Desinfektionsmittels trocknen lassen

Wichtig: Nach der Hautdesinfektion Punktionsstelle nicht nochmalig Palpieren.

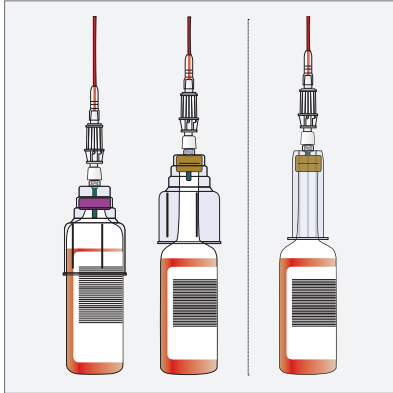
4. Desinfektion der Blutkulturflaschen
 - a. Schutzkappen entfernen
 - b. Gummi Septum desinfizieren

²¹ Simon et al.; Blutkulturdiagnostik – Standards und aktuelle Entwicklungen; J Lab Med; 2012; 36(4): 199–207

4.7.2 Handhabung der Blutentnahme

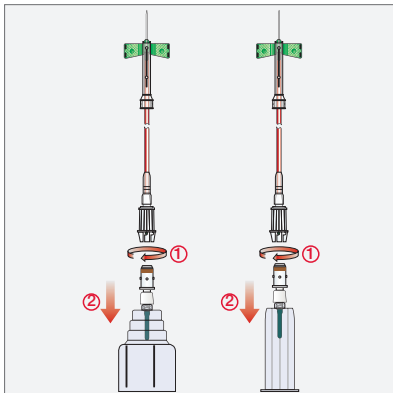


1. Führen Sie die oben genannten hygienischen Schritte durch.
Konnektieren Sie den Blutkultur-Adapter mit der Führungshülse der Safety-Multifly®-Kanüle.
Punktieren Sie die Vene und fixieren Sie die Kanüle.

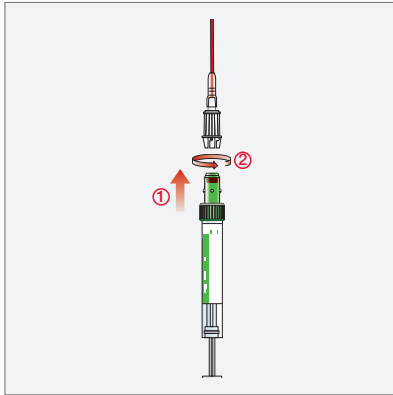


2. Führen Sie die Blutkulturflasche in aufrechter/senkrechter Position in den Halter ein. Das Kulturmedium der Flasche darf nicht mit dem Verschluss der Blutkulturflasche in Kontakt kommen.
Durch das vorgelegte Vakuum in der Blutkulturflasche füllt sich die Flasche selbstständig.

Achtung: Füllvolumen beachten.



3. Sollten weitere Blutentnahmen mit der S-Monovette® erforderlich sein, lösen Sie den Blutkultur-Adapter aus der Führungshülse der Safety-Multifly®-Kanüle.



4. Nachfolgend können Sie die Blutentnahme in der gewohnten Handhabung an der Safety-Multifly®-Kanüle durchführen.

Wichtig:

- Der Handhabungshinweis des Blutkulturflaschen-Herstellers ist unbedingt zu beachten.
- Nach der Blutentnahme muss der Inhalt sorgfältig gemischt werden.
- Flaschen nicht belüften, dies ist nicht erforderlich.
- Die beimpften Flaschen so schnell wie möglich bei Raumtemperatur in das Labor senden.

4.7.3 Probenvolumen & Anzahl der Flaschen

Achtung:

Das Blutvolumen sollte während der Entnahme mit Hilfe der Skalierung kontrolliert werden. Das Vakuumvolumen der Flasche kann größer sein als das erforderliche Füllvolumen.

Das Markieren der Füllhöhe auf der Flasche vor der Entnahme erleichtert die Überprüfung des Blut-Füllvolumens während der Entnahme.

Die Sensitivität der Blutkulturdiagnostik ist abhängig von der Anzahl der entnommenen Pärchen und dem Probenvolumen.

Es existieren unterschiedliche Empfehlungen bezüglich Blutvolumen, Anzahl der Blutkulturpaare und Einsatz von aeroben und anaeroben Flaschen.

Daher sollten stets die Herstellerangaben beachtet werden.

5 Die Blutentnahme in der Pädiatrie

„Pädiatrische und neonatologische Patienten haben besondere Bedürfnisse und stellen hohe Ansprüche an Personal und Entnahmesystem.“



Pädiatrie

Die Pädiatrie wird auch als Kinder- und Jugendmedizin bezeichnet. Ein wichtiger Schwerpunkt der Pädiatrie ist die Neonatologie, also die Behandlung von Frühgeborenen.

Die Lebensfähigkeit von Frühgeburten beginnt in der 23. Schwangerschaftswoche, wenn die Neugeborenen ein Geburtsgewicht von etwa 500 Gramm haben.

Diese kleinen Patienten haben besondere Bedürfnisse und stellen hohe Ansprüche an Personal und Entnahmesystem.

5.1 Anamnese²²

Die Angaben zur kindlichen Anamnese erfragt man durch Dritte, in der Regel durch die Mutter bzw. die/den Erziehungsberechtigten.

Ab dem Schulalter sollte auch immer das Kind direkt befragt werden.

Die Anamnese sollte folgende Angaben beinhalten

- Zur aktuellen Erkrankung
- Zur kompletten Vorgeschichte des Kindes
- Zu Schwangerschaft und Geburt
- Zur Vorgeschichte der Familie der Eltern

Wichtig:

Ein Kind kann trotz lebensbedrohlicher Erkrankung in noch relativ gutem Allgemeinzustand zur Vorstellung kommen. Die Verschlechterung kann während der Anamneseerhebung, der klinischen Untersuchung oder erst nach der stationären Aufnahme eintreten.

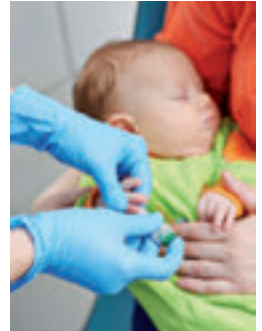
²² Speer et al.; Pädiatrie; 2013

5.2 Voraussetzungen für die Blutentnahme

Zwischen dem 7. Lebensmonat und 3. Lebensjahr können Widerstände des Kindes eine normale Blutentnahme verhindern.

Um die Bedingungen zu erleichtern, helfen folgende Tipps:

- Keine lange Wartezeit
- Helle, warme, kindgerechte Räume mit Spielzeug für alle Altersklassen
- Kleine Geschenke (besondere Pflaster, Tapferkeitsurkunden etc.)
- Freundliche, verständnisvolle Atmosphäre
- Ggf. Kind auf dem Schoß der Mutter behandeln
- Warme Hände und Geräte
- Schamgefühle bereits im Kleinkindalter berücksichtigen



5.3 Blutentnahme in der Pädiatrie

Das gesamte Blutvolumen eines gesunden Neugeborenen beträgt ca. 300 ml. Ein Frühgeborenes von 1.000 g hat ein Gesamt-Blutvolumen von ca. 80 ml. Aufgrund dieses geringen Volumens ist es elementar wichtig, so wenig Blut wie möglich, jedoch so viel Blut wie nötig zu entnehmen.

Hinzu kommt, dass die Probengewinnung bei Früh- und Neugeborenen sowie Säuglingen problematisch sein kann. Die Wahl der richtigen Entnahmetechnik in Kombination mit geeigneten Probengefäßen vereinfacht diese schwierigen Bedingungen, soweit möglich.

5.3.1 Die venöse Blutentnahme

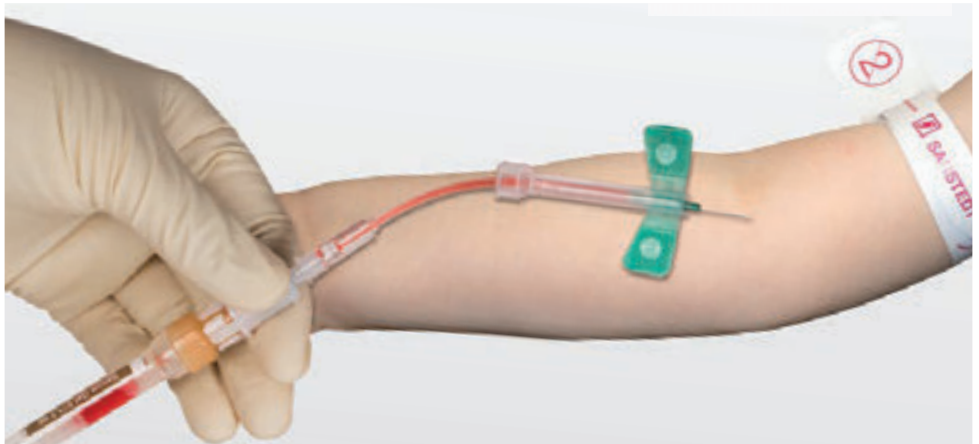
Für die venöse Blutentnahme kann man sich zwischen der geschlossenen venösen Blutentnahme und der Abtropftechnik (z. B. an der Kopfvene) entscheiden.

Punktionsstelle	Frühgeborenes	Neugeborenes	Säugling	Kleinkind	Schulkind
Kopfvene	Nur wenn <1 Woche	Empfehlenswert	Empfehlenswert	–	–
Armvene	Evtl.	Evtl.	Evtl.	Empfehlenswert	Empfehlenswert
Handrücken	Empfehlenswert	Empfehlenswert	Möglich	Empfehlenswert	Empfehlenswert
Fußrücken	Empfehlenswert	Empfehlenswert	Möglich	Evtl. (schmerzhaft)	–

Geschlossene venöse Blutentnahme

Durch die Möglichkeit der schonenden Blutentnahme mittels Aspirationstechnik (Siehe Kapitel 4 – Durchführung der venösen Blutentnahme) stellt die S-Monovette® Pädiatrie in Kombination mit der kurzen Safety-Multifly®-Kanüle eine optimale Lösung für schwierige Venenverhältnisse in der Pädiatrie dar.

Weinzierl et al Validation of an Enclosed Blood Collection System in a Pediatric Laboratory JALM 2018 3(1):65-78



Abtropf-Blutentnahme

Die Micro-Kanüle in Kombination mit den präparierten Mikro-Probengefäßen vereinfacht die Blutentnahme aus der Kopfvene.

Die erschwerte Handhabung mit abgebrochenen Luer-Kanülen entfällt.

Abgebrochene Nadeln sind klein, unhandlich und können Hämolyse verursachen (Gratbildung in der Kanüle).



Handhabung der Micro-Kanüle



1. Schutzkappe abziehen.



2. Micro-Kanüle aus der Schutzhülle entnehmen.



3. Punktionsstelle desinfizieren.

Vene punktieren und Blut in ein präpariertes Mikro-Probengefäß abtropfen. Falls der Blutfluss stockt, kann die Micro-Kanüle mit Hilfe des Griffstückes sicher um 360° gedreht werden.



4. Micro-Kanüle in eine geeignete Entsorgungsbox geben.

5.4 Unterschied Kapillarblut und venöses Blut

Wichtig für die Beurteilung der Analysenergebnisse ist die Berücksichtigung des Probenmaterials. Zwischen Kapillarblut und venösem Blut bestehen Konzentrationsunterschiede verschiedener Parameter. Beispielsweise ist die Serum-Konzentration von Gesamt-Eiweiß, Bilirubin, Kalzium, Natrium und Chlorid signifikant niedriger in Kapillarblut verglichen mit venösem Blut.²³

Glukose, Laktat und CK sind jedoch in Kapillarblut höher konzentriert als in venösem Blut.

²³ Kupke et al.; On the composition of capillary and venous blood serum; Clin Chim Acta. 1981; 112(2): 177–85

5.5 Normbereiche

Je nach Alter des Kindes sind die Konzentrationen von Analyten in anderen Bereichen normal, verglichen mit Erwachsenen. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Analysenergebnisse immer in Zusammenhang mit den altersgerechten Referenz-/ Normbereichen²⁴ zu beurteilen.

In der folgenden Tabelle sind beispielhaft einzelne Parameter genannt.

²⁴ Kohse et al.; National and international initiatives and approaches for the establishment of reference intervals in pediatric laboratory medicine; J Lab Med 2015; 39(4): 197-212

Analyt	Proband	SI	Konventionell	Bemerkung
Bilirubin (gesamt)		µmol/l	mg/dl	Indirektes Bilirubin bei Neugeborenen u.a. durch vermehrten Erythrozytenabbau erhöht. Wert >16–18 mg/dl Gefahr eines Kernikterus. Bei Neugeborenen direkte photometrische Messung möglich, direktes Bilirubin bei gesunden Kindern nicht nachweisbar.
	Neugeborene			
	Tag 1	<68	<4	
	Tag 2–3	<154	<9	
	Tag 3–5	<239	<13–14	
	Säugling	1,7–14	0,1–0,8	
Erwachsener	1,7–22	0,1–1,3		
Laktat		mmol/l	mg/dl	Neugeborene können an Tag 1 höhere Werte haben. Erhöht u.a. bei Mitochondriopathien, Gewebshypoxien.
	Kind/ Erwachsener	0,5–2,2	4,5–20	

Analyt	Proband	SI	Konventionell	Bemerkung
Kreatinin	Neugeborene	μmol/l	mg/dl	Werte abhängig von der Muskelmasse; Frauen haben niedrigere Werte. Kreatininkonzentration im Serum steigt erst an, wenn glomeruläre Filtrationsrate <50 % ist.
	Tag 1	37–113	0,41–1,24	
	Woche 1	14–86	0,15–0,95	
	Woche 4	12–48	0,13–0,53	
	Säugling	22–55	0,24–0,61	
	Kleinkind	25–64	0,28–0,70	
	Kinder	23–106	0,25–1,17	
	Erwachsener	74–110	0,81–1,21	
Erythrozyten		Tpt/l (10 ¹² /l)	10 ⁶ /μl	Schneller Abbau nach der Geburt. Erhöht (Polyzythämie) bei Dehydratation und bei/nach längerem Aufenthalt in großen Höhen.
	Neugeborene Woche 1	3,9–6,5	3,9–6,5	
	Neugeborene Woche 2	3,6–5,8	3,6–5,8	
	Säugling	3,0–5,4	3,0–5,4	
	Kleinkind Kind	4,0–5,4	4,0–5,4	
	Erwachsener (m)	4,5–5,9	4,5–5,9	
	Erwachsener (w)	3,9–5,2	3,9–5,2	
Hämatokrit (HKT/HK)		Fraktion l/l	%	HK erhöht bei Dehydratation, erniedrigt bei Hyperhydratation.
	Neugeborene	0,45–0,65	45–65	
	Säugling	0,30–0,55	30–55	
	Kleinkind Kind	0,31–0,48	31–48	
	Erwachsener (m)	0,39–0,52	39–52	
	Erwachsener (w)	0,35–0,47	35–47	

Analyt	Proband	SI	Konventionell	Bemerkung
Hämoglobin (HB)		mmol/l	g/dl	
	Neugeborene Woche 1	9,3–13,7	15–22	
	Neugeborene Woche 2	7,8–12,4	12,5–20	
	Säugling	5,9–9,9	9,5–16	
	Kleinkind/ Kind	6,8–9,9	11–16	
	Erwachsener (m)	8,1–11,2	13–18	
	Erwachsener (w)	7,5–9,3	12–15	
Thrombozyten		Gpt/l($10^9/l$)	10^3 Zellen/ μ l	
	Neugeborene	100–250	100–250	Thrombozytopenie z. B. durch Masern 30 Gpt/l: verstärkte Blutungsneigung.
	Kleinkind	220–500	220–500	
	Kinder	150–350	150–350	
	Erwachsener	150–400	150–400	
Leukozyten		Gpt/l	Zellen/ μ l	Veränderungen der Leukozytenzahl während der ersten Lebenswochen/Jahr. Erhöhungen (Leukozytosen) sind meist durch erhöhte neutrophile Granulozyten bedingt.
	Neugeborene Tag 1	9–35	9.000–35.000	
	Neugeborene Woche 1–4	5–20	5.000–20.000	
	Säugling/ Kleinkind/Kind	5–18	5.000–18.000	
	Erwachsener (m)	4–10	4.000–10.000	

²² Speer et al.; Pädiatrie; 2013

5.6 Hämostase in der Pädiatrie

Einige Komponenten des Gerinnungssystems verändern sich im Kindesalter und insbesondere im ersten Lebensjahr dramatisch, um sich den geänderten Lebensbedingungen anzupassen.

Als Schutzmechanismus ist bei Neugeborenen eine verminderte Thrombin-Bildung und gleichzeitig eine reduzierte Thrombinhemmung festzustellen.

Grundsätzlich zeigen Neugeborene für die meisten Gerinnungsfaktoren deutlich niedrigere Werte als ein Erwachsener. Ursächlich ist meist die verminderte Lebersyntheserate des Neugeborenen, aber auch ein beschleunigter Umsatz wird diskutiert, insbesondere unter der Geburt.

Viele Komponenten erreichen nach dem 1. Lebensjahr die Normwerte des Erwachsenen. Antithrombin liegt ab dem 1. Lebensmonat und weiter im Kindesalter um 10 % höher als im Erwachsenenalter. Die aPTT ist im Kindesalter generell länger als bei Erwachsenen. Faktor II und VII bleiben um 10–20 % niedriger.

Merke: Es gibt eine Vielzahl physiologischer Besonderheiten bei Kindern, derer man sich bewusst sein muss, um sie sicher von pathologischen Veränderungen abgrenzen zu können.

Altersabhängige Referenzwerte (beispielhafter Referenzwert)

Alter	aPTT [s]*	Alter	Antithrombin [%]	D-Dimere [$\mu\text{g/l}$]
1–3 Monate	39 (28–49)	1 Tag	76 (58–90)	1470 (410–2470)
4–6 Monate	36 (31–44)	3 Tage	74 (60–89)	1340 (580–2740)
7–12 Monate	35 (29–42)	1–12 Monate	109 (72–134)	220 (110–420)
Bis 4 Jahre	33 (28–41)	1–5 Jahre	116 (101–131)	250 (90–530)
5–9 Jahre	34 (28–41)	6–10 Jahre	114 (95–134)	260 (10–560)
10–18 Jahre	34 (29–42)	11–16 Jahre	111 (96–126)	270 (160–390)
Erwachsene	31 (26–36)	Erwachsene	96 (66–124)	180 (50–420)

* gemessen mit Pathrombin SL

²⁵ Barthels et al.; Das Gerinnungskompodium; 2012

Wegen physiologisch höherem Hämatokrit ist die Plasamenge beim Neugeborenen geringer.

Eine Hämatokrit-Korrektur ist hier nicht nötig, da die altersentsprechenden Normwerte unter diesen Bedingungen ermittelt wurden und eine Korrektur nicht vorgenommen werden muss.

Wichtig ist, dass unter Berücksichtigung der geringen Plasma-Ausbeute ausreichend Probenmaterial für die erforderlichen Analysen gewonnen wird.



6 Sicherheit rund um die Blutentnahme

„Informieren, Schulen und Bereitstellen sicherer Arbeitsmittel sind der Schlüssel zur Vermeidung von Nadelstichverletzungen und dem damit verbundenen Infektionsrisiko.“



Sicherheit – Warum?

Die wichtigsten Infektionserreger, die durch Nadelstichverletzungen (NSV) übertragen werden können, sind das Hepatitis-B-Virus, das Hepatitis-C-Virus und das HI-Virus. Durch geeignete Schutzmaßnahmen lassen sich diese Unfälle aber fast vollständig vermeiden.²⁶

Die **EU-Richtlinie 2010/32/EU²⁷ Vermeidung von Verletzungen durch scharfe/spitze Instrumente im Krankenhaus- und Gesundheitssektor** fordert eine möglichst sichere Arbeitsumgebung für die Mitarbeiter des Gesundheitswesens.

²⁶ Der unterschätzte Arbeitsunfall, Infektionsrisiko durch Nadelstichverletzungen; Initiative SAFETY FIRST!

²⁷ EU-Richtlinie 2010/32/EU des Rates der Europäischen Union von 2010 Zur Vermeidung von Verletzungen durch scharfe/spitze Instrumente im Krankenhaus- und Gesundheitssektor

Präventiv- und Schutzmaßnahmen

- Einführung sicherer Arbeitsregelungen
- Allgemeine Hygiene einhalten
- Schutzimpfungen (gegen Hepatitis B)
- Geeignete persönliche Schutzausrüstung
- Handschuhe tragen
- Schnitte und Abschürfungen mit wasserfesten Pflastern abdecken
- Vermeidung unnötiger Verwendung scharfer/spitzer Instrumente
- Bereitstellung medizinischer Instrumente mit integrierten Sicherheits- und Schutzmechanismen
- Verbot des Wiederaufsetzens der Schutzkappe auf die gebrauchte Nadel (kein Re-Capping)

Merke: Über die Hälfte aller Nadelstichverletzungen ereignen sich bei der Entsorgung.²⁸

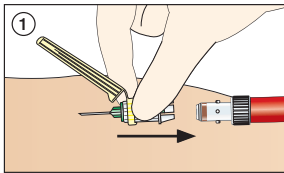
²⁸ SAFETY FIRST, Deutschland – www.nadelstichverletzung.de

6.1 Safety-Kanüle

Die Safety-Kanüle ist **gebrauchsfertig**, da der Halter (Adapter) bereits integriert ist. Somit reduziert sich das potentielle Risiko einer Nadelstichverletzung am Kanülen-Rückende.

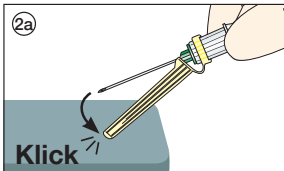


Handhabung

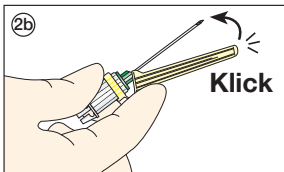


Nach der Blutentnahme:

Die letzte S-Monovette® aus der Safety-Kanüle lösen und danach die Safety-Kanüle aus der Vene ziehen.

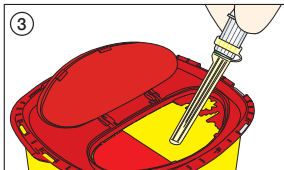


Die Safety-Kanüle am Adapter fassen, den Nadelschutz auf einer stabilen, flachen Oberfläche aufsetzen und die Nadel nach unten durch leichten Druck bis zu einem deutlich fühl- und hörbaren „Klick“ in den Nadelschutz einrasten.



Alternativ können Sie auch den Nadelschutz mit dem Zeigefinger aktivieren.

Zur sicheren Funktion achten Sie bitte darauf, dass dies am unteren Ende des Schutzes geschieht.



Nach Aktivierung des Schutzmechanismus:

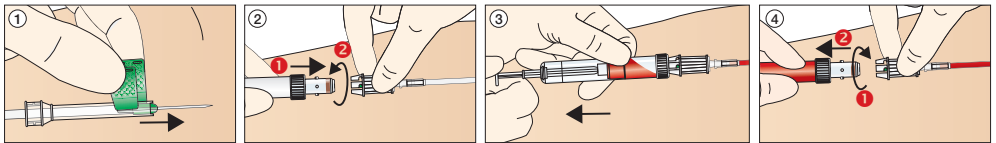
Entsorgen Sie die gesicherte Safety-Kanüle in eine Entsorgungsbox.

6.2 Safety-Multifly®-Kanüle

Die Safety-Multifly®-Kanüle mit integriertem Halter (Adapter) ist **gebrauchsfertig**. Durch die Einhandbedienung des Nadelschutzes der Safety-Multifly®-Kanüle ist ein maximaler Arbeitsschutz gewährleistet.



6.2.1 Handhabung Blutentnahme

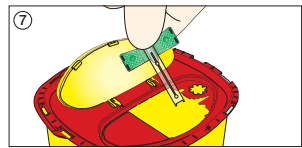
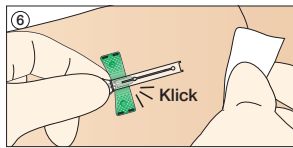
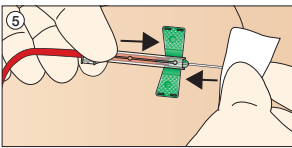


Aktivierung des Nadelschutzes...

Sicherheitsaktivierung **immer nur** mit **einer Hand!**

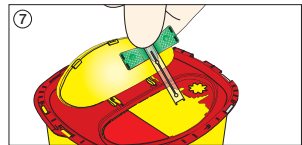
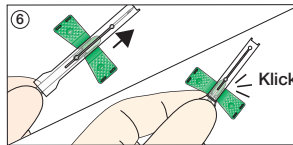
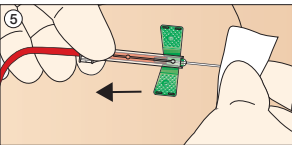
1) ...in der Vene:

Aktivieren Sie den Nadelschutz parallel zum Herausziehen der Safety-Multifly®-Kanüle aus der Vene.



2) ...außerhalb der Vene:

Ziehen Sie die Safety-Multifly®-Kanüle aus der Vene und aktivieren Sie den Nadelschutz.



6.2.2 Anwendung Kurzzeitinfusion

Die Safety-Multifly®-Kanüle ohne integrierten Halter (Adapter) kann direkt für die Kurzzeitinfusion sowie für die Konnektierung an Luer-Adaptoren eingesetzt werden.



6.3 Multi-Safe Entsorgungsboxen

Für das Sammeln von spitzen und scharfen Gegenständen müssen Abfallbehältnisse zur Verfügung gestellt und verwendet werden, die den geltenden Vorschriften TRBA 250 (Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe – deutsche Vorschrift) und der ISO 23907 entsprechen.

In diesen Vorschriften sind zum Beispiel folgende Punkte festgelegt:

- Form und Aussehen
- Bruchfeste Falltests aus einer bestimmten Höhe
- Durchstechsichere Boxenwandungen bis zu einem Druckaufwand von 15 N

Sollten die Entsorgungsboxen durch einen Entsorger entsorgt werden und werden die Boxen auf der Straße befördert, ist eine UN-Zertifizierung der Entsorgungsbox zwingend nötig. Die zertifizierten Boxen erkennt man an einem mehrstelligen UN-Code, der sich in der Regel an der Oberseite des Deckels befindet. Entsorgungsboxen ohne diese Kennung müssen in jenen mit Kennung entsorgt werden.

Sichere Entsorgung

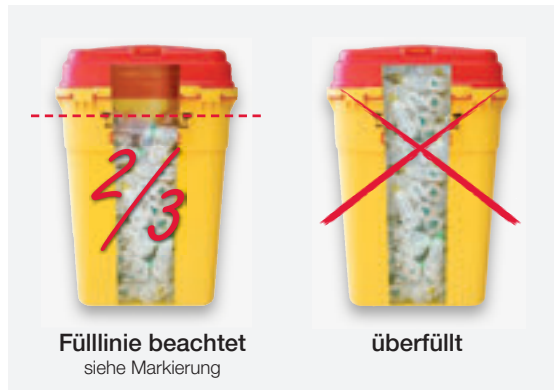
Empfehlung:

Multi-Safe nur zu ca. $\frac{2}{3}$ des Volumens befüllen.

Multi-Safe nicht überfüllen:

Verletzungsgefahr!

Fülllinie beachten




- Grundsätzlich ist bei der Entsorgung von potentiell infizierten medizinischen Einmalartikeln auf eine hygienisch korrekte Entsorgung zu achten!



Sicherheitshinweise

- Nur Boxen in der Größe verwenden, die für die Aufnahme der zu entsorgenden Gegenstände geeignet sind.
- Der Deckel muss vor Beginn der Befüllung aufgesetzt und eingerastet sein.
- Box mit empfohlenem Klebeadapter durch Aufdrehen verbinden bzw. durch Einhängen im Wandhalter befestigen, um ein Umfallen zu verhindern.
- Den Tagesdeckel nicht zum Eindrücken der zu entsorgenden Gegenstände verwenden.
- Skalpelle müssen mit besonderer Sorgfalt in die Box entsorgt werden. Durch zu hohe Krafteinwirkung beim Einwerfen oder bei Nachfüllen anderer Gegenstände besteht die Gefahr einer Verkantung und Beschädigung der Boxenwandungen oder des Boxenbodens.
- Zu entsorgende Gegenstände nur senkrecht in die Box abwerfen.
- Keine Gegenstände gewaltsam in die Box drücken.
- Keine Flüssigkeiten in die Box einfüllen.
- Nicht mit der Hand oder in sonstiger Weise in die Box fassen (Verletzungsgefahr!).
- Box nicht herunterwerfen, nicht schütteln, nicht fallenlassen.
- Vor Verschluss der Box sicherstellen, dass keine Gegenstände aus der Öffnung ragen.
- Vor der Entsorgung der Box genau prüfen, dass der Deckel fest verschlossen ist.

7 Zentrifugation



„Die Zentrifugation ist ein physikalischer Trennprozess, der auf unterschiedlichen Dichteverhältnissen von Stoffen beruht, z. B. Blutzellen und Plasma.“

7.1 Richtige Handhabung rund um die Zentrifugation

Für die meisten Laboranalysen ist der flüssige Bestandteil des Blutes, das Serum oder Plasma, erforderlich. Um dies zu gewinnen, werden Blutproben zentrifugiert. Innerhalb einer Zentrifuge dreht sich ein Rotor mit Probenbehältern mit einer Geschwindigkeit von mehreren tausend Umdrehungen. Diese schnellen Umdrehungen führen dazu, dass innerhalb der Probenbehälter ein Vielfaches der Erdbeschleunigung (g) entsteht.

Dies bewirkt die Trennung von flüssigen und festen Bestandteilen des Blutes.

Wichtig ist hier, zwischen Drehzahl und g-Zahl (Gravitationskraft) zu unterscheiden. Die g-Zahl ist der Wert, der für ein gutes Zentrifugations-Ergebnis relevant ist. Daher ist bei der Einstellung der Zentrifuge immer die g-Zahl von besonderer Bedeutung.

Die g-Zahl kann man mit Angabe des Radius (cm) und der Drehzahl/Minute (upm) errechnen:

$$g = 11,18 \times r \times \left(\frac{n}{1.000} \right)^2$$

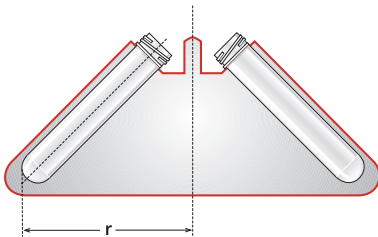
r = Radius in cm

n = Drehzahl pro min (min⁻¹)

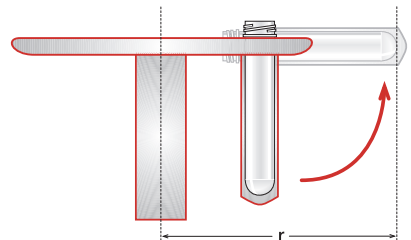
Zur Umrechnung von g-Zahl in Drehzahl/Minute [min⁻¹]
oder anders herum können Sie den Zentrifugationsrechner unter
www.sarstedt.com/service/zentrifugation nutzen.

Den Zentrifugenradius r entnehmen Sie bitte den Angaben des Zentrifugenherstellers oder ermitteln diesen anhand folgender Darstellung:

Festwinkelrotor



Ausschwingrotor



7.2 Unterschied Festwinkelrotor zu Ausschwingrotor

Für Gel-präparierte S-Monovetten empfehlen wir ausschließlich die Verwendung von Ausschwingrotoren.

Der Probenbehälter in einer Festwinkelzentrifuge ist starr in einem schrägen Winkel angeordnet. Der Probenbehälter eines Ausschwingrotors bewegt sich während der Zentrifugation von einer senkrechten in eine horizontale Position. So kann die Kraft während der Zentrifugation gleichmäßig vom Deckel in Richtung Boden wirken. Eine gut ausgeformte, waagerechte Gelschicht ist das Resultat.

Festwinkelrotor



Ausschwingrotor



7.3 Serumgewinnung



S-Monovette® Serum-Gel
mit beschichtetem Granulat
für die Gerinnungsbeschleunigung

Nach der Blutentnahme müssen Serum-Proben für 30 Minuten gerinnen. Das bedeutet, dass durch Ablauf der Gerinnung die Gerinnungsfaktoren (z. B. Fibrin) verbraucht werden und die Blutzellen zu einem Blutkuchen verklumpen.

Der Blutkuchen entsteht in der Form, in der sich die Blutzellen in dem Röhrchen befinden.

Das bedeutet, wenn die S-Monovette® nach der Blutentnahme flach liegt, sedimentieren die Blutzellen entlang der liegenden Röhre und bilden eine längliche Form.

Dieses entstandene Gebilde lässt sich während der Zentrifugation zusammendrücken. Nach der Zentrifugation stellt es sich jedoch ziehharmonika-förmig wieder auf (Wurstphänomen).

Das Serum aus einer solchen Probe kann nicht automatisch pipettiert werden. Deshalb ist es wichtig, Serum-Proben nach der Blutentnahme aufrecht stehend zu lagern.



aufrecht stehend
geronnene Probe
nach Zentrifugation

liegend geronnene
Probe nach
Zentrifugation

7.4 S-Monovette® Zentrifugationsbedingungen

Der Zentrifugationsprozess ist ein wesentlicher Bestandteil der präanalytischen Phase. Eine gleichzeitige Zentrifugation verschiedener S-Monovetten ist im Routinelabor die Voraussetzung, um den Anforderungen einer schnellen Patientenversorgung gerecht zu werden.

Unsere optimierten Zentrifugationsbereiche für die S-Monovetten geben Ihnen die Möglichkeit, die für Sie optimale Zentrifugationsbedingung auszuwählen.

Die optimale Probenqualität

Um Ihnen innerhalb dieser Zentrifugationsbereiche eine zuverlässige Probenqualität zu gewährleisten, führen wir umfangreiche und sorgfältig validierte Untersuchungen durch. Zur Bewertung der Probenqualität werden aussagekräftige Kriterien wie zum Beispiel die Intaktheit der Gelschicht, die Hämolyse, die Zellzahlen (i.d.R. Thrombozyten) und die Stabilität von drei Zellsensitiven Parametern (Phosphat, Glukose, LDH) gewählt. Für die S-Monovette® Citrat ist die Anzahl der Thrombozyten < 10.000/µl (PPP) gemäß der DIN 58905-1:2015-12, ein Kriterium.

Mindestzentrifugationszeit

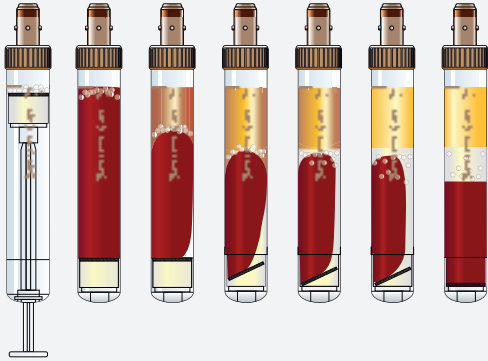
Orientiert an BS 4851 (EU-Code)	ISO 6710:2017	S-Monovette®	Relative Zentrifugalbeschleunigung (g)				
			2000 x g	2500 x g	3000 x g*	3500 x g*	4000 x g*
		Serum	10 min	10 min	6 min	4 min	4 min
		Serum-Gel	15 min	10 min	4 min	4 min	4 min
		Li-Heparin	10 min	10 min	7 min	7 min	7 min
		Li-Heparin Gel	15 min	15 min	10 min	7 min	7 min
		Li-Heparin Gel+	8 min	7 min	5 min	4 min	4 min
		EDTA	n. v.	n. v.	7 min	6 min	5 min
		EDTA-Gel	15 min	10 min	10 min	7 min	7 min
		Citrat	9 min	8 min	7 min	6 min	5 min
		Fluorid EDTA	9 min	8 min	7 min	6 min	5 min
		GlucoEXACT	9 min	8 min	7 min	6 min	5 min
		Citrat PBM 1,8 ml Zentrifugenradius > 17 cm	9 min	8 min	7 min	6 min	5 min
		Citrat PBM 1,8 ml Zentrifugenradius > 9 bis ≤ 17 cm	n. v.	n. v.	10 min	n.v.	n.v.

n. v. = nicht validiert
Zentrifugation bei 20° C

* Gilt für alle S-Monovetten mit Ausnahme Ø 8 mm (S-Monovetten Pädiatrie)

7.5 Gelaufstieg während der Zentrifugation

Gelaufstieg bei der S-Monovette® Serum-Gel



Bei der S-Monovette® Serum-Gel ist der Gerinnungsprozess vor der Zentrifugation bereits abgeschlossen. Dadurch kann das Gel schnell, ungehindert und gleichmäßig kompakt zwischen Blutkuchen und Gefäßwand aufsteigen. Anschließend liegen Serum und Blutkuchen getrennt voneinander vor.

Gelaufstieg bei der S-Monovette® Lithium-Heparin-Gel



In der S-Monovette® Lithium-Heparin-Gel befindet sich vor der Zentrifugation antikoaguliertes Vollblut. Die korpuskulären Bestandteile des Blutes verteilen sich hier diffus im Blutplasma. Während der Zentrifugation erfolgt ein fraktionierter Anstieg des Gels um die korpuskulären Bestandteile herum. Die optimal ausgebildete Gel-Barriere gewährleistet eine sichere Trennung zwischen Plasma und korpuskulären Bestandteilen.

Re-Zentrifugation

Eine wiederholte Zentrifugation von Probenröhrchen ist nicht empfohlen.²⁹

Lysierte Blutbestandteile können auf diese Weise von den abzentrifugierten Blutzellen ins Serum/Plasma zurückdiffundieren. In Folge werden z. B. zellsensitive Parameter wie Kalium, Phosphat, Glukose oder LDH verändert.³⁰

²⁹ CLSI, GP44-A4 2010; § 5.4.3

³⁰ Hue et al.; Observed changes in serum potassium concentration following repeat centrifugation of Sarstedt Serum Gel Safety Monovettes after storage; Ann Clin Biochem 1991; 28: 309-10

Shafi et al.; The Effect of Recentrifugation of Serum Separator Tubes on Concentration of Serum Analytes; Ann Clin Lab Sci 2012 42 (3):318-319

Hira et al.; Pseudohyperkalaemia caused by recentrifugation of blood samples after storage in gel separator tubes; Ann Clin Biochem 2001 38(Pt 4):386-90 Hira et al.; High Serum Potassium Concentrations after Recentrifugation of Stored Blood Specimens; NEJM 2000 343(2):153-154

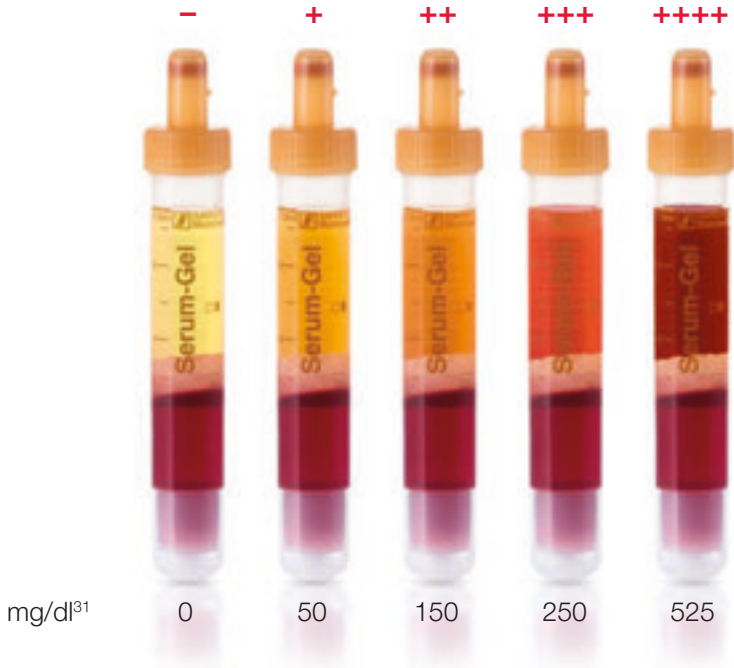
A microscopic image showing a red blood cell (erythrocyte) in the process of hemolysis. The cell membrane is ruptured, and the internal contents, including hemoglobin, are being released into the surrounding plasma. The background is dark, highlighting the bright red color of the cell and its contents.

8 Hämolyse – Was ist das?

„Die Zerstörung von Erythrozyten durch Schädigung der Zellmembran führt zum Übertritt von Hämoglobin ins Plasma/Serum. Eine rötliche Verfärbung des Serum/Plasma wird sichtbar.“

Erkennungsmerkmal einer Hämolyse

Ab einer Zerstörung von 0,5 % der Erythrozyten verfärbt sich Serum/Plasma.



Nach Zentrifugation ist dies als rötliche Färbung von Plasma oder Serum erkennbar. Die Ursache ist, dass Hämoglobin, der rote Blutfarbstoff aus den Erythrozyten, ausgetreten ist.

Ab einer Konzentration von ca. **20 mg Hämoglobin/dl** ist eine Hämolyse im Serum/Plasma erkennbar!

Die Abwesenheit von roter Farbe schließt eine Interferenz durch Hämolyse nicht aus.

Hämolyse – die Zerstörung von Erythrozyten – wird aufgrund der Ursache in *in vivo* Hämolysen (pathologisch) und *in vitro* Hämolysen (physiologisch) eingeteilt.

³¹ CLSI; Hemolysis, Icterus, and Lipemia/Turbidity Indices as Indicators of Interference in Clinical Laboratory Analysis; Approved Guideline; 2012; C56-A

8.1 *In vivo* Hämolyse

Krankheitsbedingt kann es zu einer Zerstörung von Erythrozyten **innerhalb des Körpers** kommen. In einem solchen Fall spricht man von einer *in vivo* Hämolyse oder einer hämolytischen Anämie.

Die Ursache einer solchen Krankheit kann erblich oder erworben sein.

Erblich	Erworben
Hämoglobinopathien z. B.: Sichelzellanämie, Thalassämie	Mycoplasma pneumoniae Infektion Kältehämagglutinine Autoimmunhämolytische Anämie (AIHA) Autoimmunerkrankungen z. B.: Lupus erythematodes, chronisch lymphatische Leukämie (CLL)
Glukose-6-phosphat-Dehydrogenase-mangel	Infektionen (z. B.: Malaria, Babesiose, Clostridium)
Defekte der Erythrozytenmembran (z. B.: hereditäre Sphärozytose, oder hereditäre Elliptozytose)	Mechanische Beanspruchung im Blutkreislauf z. B.: Disseminierte intravasale Gerinnung (DIC) Hämolytisch urämisches Syndrom (HUS) Thrombotisch-thrombozytopenische Purpura (TTP) HELLP-Syndrom
Pyruvatkinase Mangel = Erythrozytenenzymopathie	Verbrennungen
	Drogen, Toxine
	Bluttransfusion von nicht kompatibler Blutgruppe

³² Lippi et al; In vitro and in vivo hemolysis, an unresolved dispute in laboratory medicine; 2012

8.2 *In vitro* Hämolyse

Diese Form der Hämolyse entsteht **außerhalb des Körpers** und ist für mehr als 90 % der hämolytischen Proben verantwortlich. Die Ursache ist immer präanalytisch bedingt.

Häufige Ursachen bei der Blutentnahme

- Verlängerter/zu starker Venenstau
- Physikalische Scherkräfte (Kanüle zu dünn, Kanüle verbogen)
- Traumatische Venenpunktion (Stochern)
- Blutentnahme mittels Vakuumtechnik an Kathetern¹⁵
- Intravenöser Katheter in Kombination mit zu hohem Unterdruck^{17, 33–39}
- Infusionslösungen (Verdünnung, Verfälschung)

¹⁵ Lippi et al.; Prevention of hemolysis in blood samples collected from intravenous catheters Clin Biochem 2013; 46(7-8): 561–64

¹⁷ Millius et al.; The „EPIQ“-Study (Evaluation of preanalytical quality): S-Monovette® in manual aspiration mode drastically reduces hemolytic samples in head-to-head study; 2021 Pract Lab Med 27 e00252

³³ Omar et al.; Reducing blood sample hemolysis in the emergency department using S-Monovette® in aspiration mode; 2023; Pract Lab Med 35 e00315

³⁴ Halm et al.; Obtaining blood samples from peripheral intravenous catheters: best practice? Am J Crit Care 2009;18(5): 474–78

³⁵ Wollowitz et al.; Use of butterfly needles to draw blood is independently associated with marked reduction in hemolysis compared to intravenous catheter. Ac Emerg. Med 2013; 20(11): 1151–55.

³⁶ ENA's Translation Into Practice. Reducing Hemolysis of Peripherally Drawn Blood Samples. 2012 (Emergency Nursing Association)

³⁷ Heyer et al.; Effectiveness of practices to reduce blood sample hemolysis in EDs: A laboratory medicine best practices systematic review and meta-analysis; Clin Biochem 2012; 45(13-14): 1012-32

³⁸ Straszewski et al. J; Use of separate venipunctures for IV access and laboratory studies decreases hemolysis rates; Intern Emerg Med 2011; 6(4): 357-59

³⁹ Dugan et al.; Factors Affecting Hemolysis Rates in Blood Samples Drawn from Newly Placed IV Sites in the Emergency Department; J Emerg Nurs 2005; 31(4): 338-45

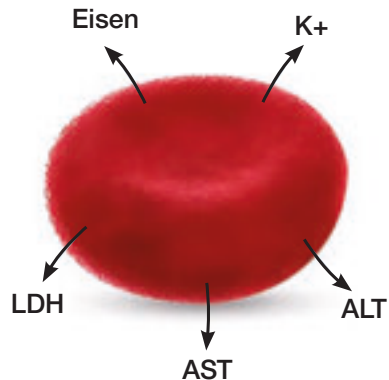
Häufige Ursachen nach der Blutentnahme

- Zu starkes Mischen/Schütteln
- Transportbeeinflussung (zu starke mechanische Belastung, z. B. Rohrpost)
- Probe zu alt (mit dem Alter der Probe wächst das Hämolyse-Risiko)
- Zu starkes Kühlen/Erwärmen/Tiefrieren

8.3 Folgen einer Hämolyse

Freisetzung von Zellinhalten – Konzentrationsunterschiede

Substanzen, die in Erythrozyten in höherer Konzentration vorliegen (intrazelluläre Konzentration), treten aufgrund der Zerstörung der Erythrozyten-Zellmembran bei Hämolyse ins Serum/Plasma (extrazelluläre Konzentration) aus. Die Folge sind falsch-hohe Messergebnisse.



Freisetzung von Zellinhalten – optische Störung

Bei Hämolyse wird auch Hämoglobin, der rote Blut-Farbstoff in das Serum/Plasma freigesetzt. Dies kann bei photometrischen Analysen aufgrund der Eigen-Extinktion von Hämoglobin zu falschen Messsignalen führen.

Messsignal falsch = Ergebnis falsch

Freisetzung von Zellinhalten – methodenspezifische Störung

Die einzelnen Testmethoden können aufgrund der aus den Zellen ausgetretenen Enzyme beeinflusst und gestört werden.

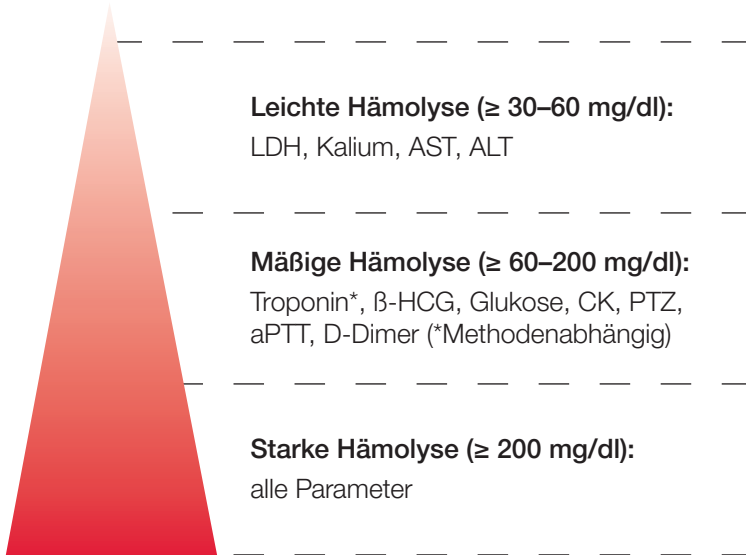
Freigesetzter Zellinhalt	Beeinflusste Analyse
Freies Hämoglobin	Bilirubin
Adenylatkinase	CK, CK-MB
Hydrolase	Gerinnung

Freisetzung von Zellinhalten – Volumen-Verschiebung

Bei schwerer bzw. starker Hämolyse kommt es innerhalb der Probe zu einem Volumenanstieg des flüssigen Anteils (da kaum oder keine Zellen mehr vorhanden sind). Dies führt zu einer Verdünnung des Serums/Plasmas.

8.4 Klinische Relevanz

Folgende Parameter werden beeinflusst:



⁴⁰ Lippi et al.; Hemolyzed specimens: a major challenge for emergency department and clinical laboratories, Crit Rev Clin Lab Sci 2011; 48(3): 143–53

***Merke:* Die Analyseergebnisse werden durch die Hämolyse verändert und geben nicht die Verhältnisse im Patienten wieder. Dies kann zu Fehldiagnosen, falschen, fehlenden oder unnötigen diagnostischen Konsequenzen führen.**

In vielen Fällen ist eine erneute Blutabnahme zur Ermittlung der richtigen Analysenwerte erforderlich.

Dies verursacht vermeidbare Patientenbelastung, Zeitverlust und Mehrkosten.^{33,41,42,43}

³³ Omar et al.; Reducing blood sample hemolysis in the emergency department using S-Monovette® in aspiration mode; 2023; Pract Lab Med 35 e00315

⁴¹ Cadamuro et al.; The economic burden of hemolysis; CCLM 2015

⁴² Jacobs et al.; Cost of hemolysis; AnnClinBiochem 2012; 49(Pt 4): 412

⁴³ Jacobs et al.; Haemolysis Analysis; An Audit of Haemolysed Medical Admission Blood Results; AcuteMed 2010; 9(1): 46-47

9 Lagerung & Transport



„Der Probentransport und die Lagerung sind so zu wählen, dass die Analyseergebnisse durch Transport/Lagerung nicht beeinflusst werden.“

9.1 Probentransport

Für richtige Lagerung, Transportbedingungen und Probenversand sind die gültigen Versandvorschriften^{44,45}, sowie die Stabilität der einzelnen Parameter zu berücksichtigen. Dies setzt optimale Organisation voraus.

Wichtig: *Verantwortlich für den Probenversand und die Wahl des richtigen Transportsystems ist der Versender.*

⁴⁴ P650 IATA/ADR

⁴⁵ TRBA 100

Probentransport konform der Verpackungsanweisung

P650 der ADR & IATA

Vor einem Probentransport von flüssigen, biologischen Stoffen der Kategorie B in Verbindung mit Transportboxen und -koffern sollte man sich erkundigen, ob die Proben über einen Transportweg auf der Straße, dem Schienenverkehr oder dem Luftweg erfolgen.

Speziell für diese einzelnen Wege gilt die Verpackungsvorschrift P650, die sich im ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route – Straßen- & und Schienenverkehr) und in der IATA (International Air Transport Association – Luftverkehr) wiederfindet. Diese Vorschrift besagt, dass ein Probentransport aus einer 3-Komponenten-Verpackung bestehen muss:

- Primärgefäß (flüssigkeitsdicht)
- Sekundärgefäß (flüssigkeitsdicht)
- Außenverpackung (starr; mit einer Mindestabmessung von 100 x 100 mm; Aufschrift „BIOLOGISCHER STOFF, KATEGORIE B“ mit der UN Kennung „UN3373“ in einer Raute mit einer Mindestabmessung von 50 x 50 mm)

Hierbei muss zudem das Primär- oder das Sekundärgefäß in der Lage sein, einem Innendruck von 95 kPA ohne Verlust von Füllgut standzuhalten. Zusätzlich muss sich zwischen dem Primär- und dem Sekundärgefäß absorbierendes Material befinden, das das gesamte Füllvolumen aufnehmen kann.



Probentransport von „Freigestellten Medizinischen Proben“

Proben, die nicht ansteckungsgefährlichen Stoffen der Kategorie A & B zugeordnet werden können, unterliegen nicht den Vorschriften der ADR/IATA, müssen aber wie folgt verpackt werden.

3-Komponenten-Verpackung bestehend aus:

- Primärgefäß (wasserdicht)
- Sekundärgefäß (wasserdicht)
- Außenverpackung (Mindestabmessung 100 x 100 mm mit der Aufschrift „FREIGESTELLTE MEDIZINISCHE PROBE“ bzw. „FREIGESTELLTE VETERINÄRMEDIZINISCHE PROBE“)

Auch hier muss ein absorbierendes Material zwischen dem Primär- und dem Sekundärgefäß eingesetzt werden, das das gesamte Füllvolumen aufnehmen kann.

Die P650 ist in der Regel bei beiden Vorschriften gleich.



Ausnahme:

Die Versandboxen und Transportkoffer, die für den Probenversand von biologischen Stoffen der Kategorie B benutzt werden, müssen konform der Verpackungsanweisung P650 getestet worden sein.

In-House Transport/ TRBA 100

Für einen sicheren innerbetrieblichen Proben-transport von biologischen Arbeitsstoffen und Materialien müssen diese in geschlossenen, formstabilen, bruchsicheren, flüssigkeitsdichten und von außen desinfizierbaren Transportgefäßen erfolgen, die dauerhaft beschriftbar sind. Diese dürfen sich zudem nicht durch äußere Einwirkungen versehentlich öffnen lassen.⁴⁵



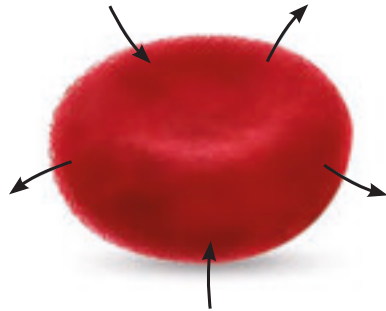
⁴⁵ TRBA 100

9.2 Einfluss von Temperatur, Zeit & Zellstoffwechsel

Messergebnisse verändern sich in ihren Konzentrationen aufgrund der Stabilität des einzelnen Parameters und durch den Zellstoffwechsel. Zusätzlich können mechanische oder physikalische Beanspruchungen der Probenmaterialien zu Veränderungen führen.

Zellstoffwechsel

Blut ist ein lebendes Material. Dementsprechend finden auch nach der Blutentnahme im Probengefäß metabolische Prozesse, also der Zellstoffwechsel statt.



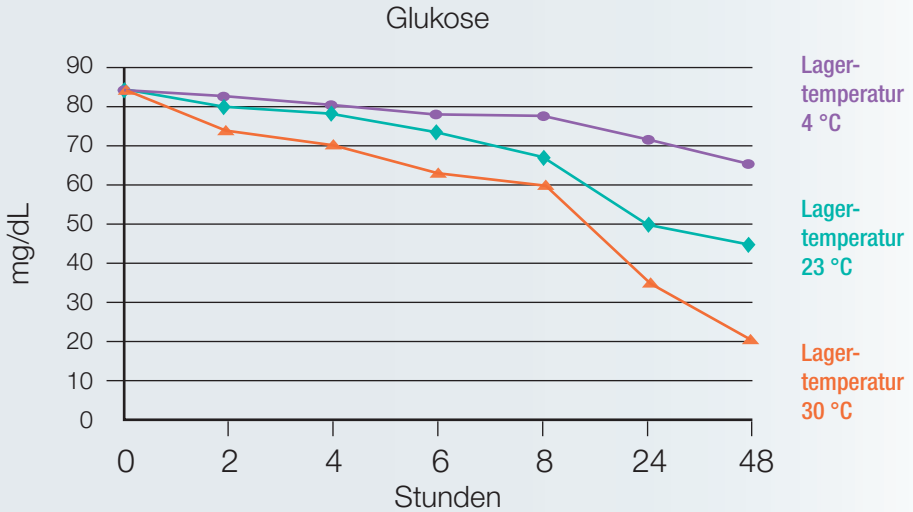
Merke: Blut lebt!

Einfluss der Lagerung auf verschiedene Messgrößen

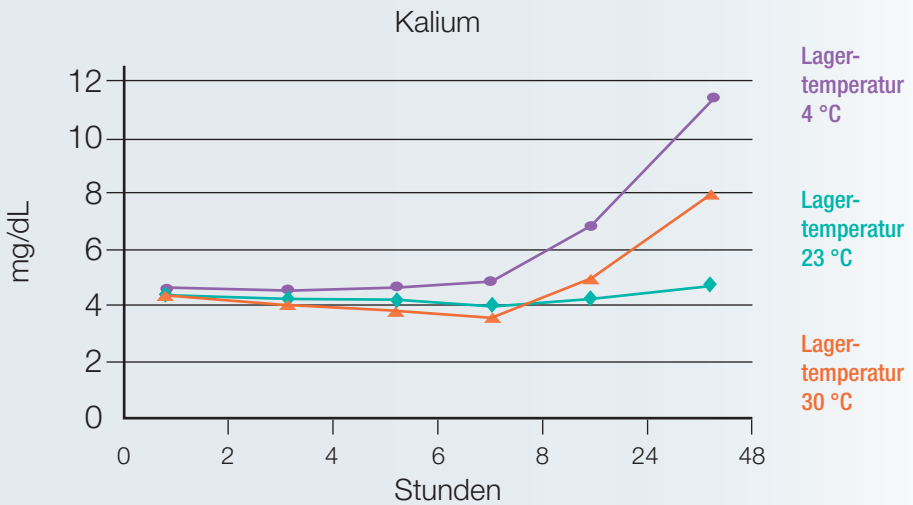
Messgröße	Wert
Laktat	Steigt an
Ammoniak	Steigt an
Kalium	Steigt an
Glukose	Sinkt ab
pCO ₂	Sinkt ab

Die Werteveränderungen können je nach Parameter durch spezielle Stabilisatoren in den verschiedenen Präparierungen oder durch physikalische Trennung (Gel, Seraplas® Filter, Aliquotherstellung) unterbunden werden.

Einfluss von Lagertemperatur auf Glukose und Kalium



⁵ Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043



⁵ Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043

Merke: *Es gibt keine ideale Temperatur. Korrekt gewonnene, frische Proben ermöglichen richtige Resultate.*

Aufbewahrung und Transport



- Blutproben so rasch als möglich ins Labor bringen und analysieren.
- Nach Zentrifugation verhindern Trenngele oder Filter eine Diffusion von Stoffen aus den Erythrozyten in das Serum/Plasma.

Vollblut ohne Serum/Plasmatrennung mittels Gel oder Filter darf auf keinen Fall tiefgefroren werden. Eine völlige Hämolyse wäre die Folge!

Klinische Chemie:

- Bei längerer Lagerung sollte das Serum in geschlossenen Gefäßen bei 2–4°C gelagert werden.
- Über längere Zeiträume können Serum- oder Plasmaproben bei –20°C gelagert werden.
- Für längere Transportwege sollten spezielle Kühltransportbehälter genutzt werden.
- Für manche Analysen muss der Transport zeitnah (z. B. Ammoniak) erfolgen.

Gerinnungsdiagnostik:

- Der Probentransport sollte für die Gerinnungsdiagnostik grundsätzlich bei Raumtemperatur (18–25°C) erfolgen.⁶
Die meisten Richtlinien^{3, 35} empfehlen, dass Gerinnungsproben innerhalb einer Stunde nach Blutabnahme zentrifugiert und innerhalb von vier Stunden analysiert werden. In diesem Zeitrahmen kann die Lagerung bei Raumtemperatur erfolgen.

Hämatologie:

- EDTA-Blut für ein kleines Blutbild kann bis zu 24 Stunden bei Raumtemperatur (18–25°C) gelagert werden.⁴⁶

⁶ Endler et al.; The importance of preanalytics for the coagulation laboratory; Hämostaseologie 2010; 30(2): 63-70

⁴⁶ Tatum et al.; Specimen Collection, Storage, and Transmission to the Laboratory for Hematological Tests; International Journal of Hematology 2002; 75(3); 261-68

Checkliste für den Transport

- Proben verschließen (Verdunstung)
- Serum/Plasma bei 4–8°C lagern
- Aufrecht stehend lagern
- EDTA für BB bei Raumtemperatur lagern
- Mehrfaches Einfrieren & Auftauen vermeiden
- Lichtsensitive Messgrößen („Sonnenparameter“) vor Tageslicht schützen (z. B. Bilirubin)
- Spezialpräparierung zur Stabilisierung nutzen (wie z. B. S-Monovette® HCY-Z-Gel für Homozystein)



Rohrpost-Transport

Rohrpost-Transportsysteme können die Zeit zwischen Blutentnahme und Analyseergebnis erheblich verkürzen.⁴⁷ Jedoch gilt nicht, je schneller desto besser. Schlecht oder falsch eingestellte Transportsysteme können zu Hämolyse und Gerinnungsaktivierung führen.^{48,49,50}

Zur Kontrolle werden unter anderem LDH-Werte, Kalium-Wert, Leukozytenzahl, PTT und D-Dimere mit und ohne Rohrpost-Transport verglichen.

Bei Einhaltung der folgenden Tipps kann der Rohrpost-Probentransport ohne signifikante Wertebeeinflussung erfolgen.^{51,52}

- Geschwindigkeit maximal 5 m/s
- „Sanfte“ Radien und Profile
- Vor Kurven „sanft“ abbremsen
- Dämpfungs-Einsätze in Rohrpostkartusche verwenden
- Beruhigte, horizontale Auslaufzonen
- Serumproben erst nach Ablauf der Gerinnung versenden

⁴⁷ Koessler et al.; The preanalytical influence of two different mechanical transport systems on laboratory analysis; Clin Chem Lab Med; 2011; 49(8): 1379-82

⁴⁸ Kratz et al.; Effects of a pneumatic tube system on routine and novel hematology and coagulation parameters in healthy volunteers; Arch Lab Med; 2007; 131(2): 293-96

⁴⁹ Sodi et al.; Pneumatic tube system induced haemolysis: assessing sample type susceptibility to haemolysis; Ann Clin Biochem; 2004; 41(Pt 3): 237-40

⁵⁰ Steige et al.; Evaluation of pneumatic-tube system for delivery of blood specimens; Clin Chem; 1971; 17(12): 1160-64

⁵¹ Koçak et al.; The effects of transport by pneumatic tube system on blood cell count, erythrocyte sedimentation and coagulation tests; Biochemia Medica; 2013; 23(2): 206-10

⁵² Tiwari et al.; Speed of sample transportation by a pneumatic tube system can influence the degree of hemolysis; Clin Chem Lab Med; 2011; 50(3): 471-74

10 Literaturverzeichnis

1. Guder et al.; Proben zwischen Patient und Labor; 2009
2. Bonini et al.; Errors in Laboratory Medicine; Clin. Chem 2002; 48(5): 691-98
3. Foubister, Vida. Cap Today Bench press: The Technologist/technician shortfall is putting the squeeze on laboratories nationwide September 2000; Datta, P. Resolving Discordant Samples. Advance for the Administrators of Laboratories; 2005: p.60
4. Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043, Kapitel 3.3.3 / 3.3.4 Seelig et al.; Präanalytik; 2008
5. Guder, Narayanan; Pre-Examination Procedures in Laboratory Diagnostics: Preanalytical Aspects and their Impact on the Quality of Medical Laboratory Results 2015 DOI:10.1515/9783110334043
6. Endler et al.; The importance of preanalytics for the coagulation laboratory; Hämostaseologie 2010; 30(2): 63-70
7. RiLiBÄK § 6.1.7 Teil A5
8. Sulaiman, Effect of order of draw samples during phlebotomy on routine biochemistry results; J Clin Pathol. 2011; 64(11): 1019-20
9. Calam et al.; Recommended "Order of Draw" for Collecting Blood Specimens into Additive-Containing Tubes; Clin. Chem.; 1982; 28(6): 1399
10. Gurr et al.; Musterstandardarbeitsanweisung Präanalytik; J Lab Med 2011
11. CLSI Procedures for the Collection of Diagnostic Blood Specimens by Venipuncture, Approved Standard 2007, 6th edition GP 41-A6 (former H3-A6), 27 (26)
12. Lichtinghagen et al.; Einfluss der Stauzeit auf normalisierte Laborwerte; J Lab Med 2013; 37(3): 131-37
13. Spannagl et al.; Hämostaseologische Globaltests; Hämostaseologi 2006
14. Margo et al.; Obtaining blood samples from peripheral intravenous catheters: best practice; AJCC, 2009; 18(5)
15. Lippi et al.; Prevention of hemolysis in blood samples collected from intravenous catheters; Clin Biochem 2013; 46(7-8): 561-64
16. Heyer et al.; Effectiveness of practices to reduce blood sample hemolysis in EDs: A laboratory medicine best practices systematic review and meta-analysis Clin Biochem 2012; 45(13-14): 1012-32
17. Millius et al.; The „EPIQ“-Study (Evaluation of preanalytical quality): S-Monovette® in manual aspiration mode drastically reduces hemolytic samples in head-to-head study; 2021 Pract Lab Med 27 e00252
18. Benso; Can a blood sample for diagnostic exams be drawn from a peripheral venous catheter?; Assist Inferm Ric; 2015; 34(2): 86-92
19. Pschyrembel 2004
20. Borde et al.; Abnahme von Blutkulturen; Dtsch Med Wochenschr; 2010; 135: 355-58
21. Simon et al.; Blutkulturdiagnostik – Standards und aktuelle Entwicklungen; J Lab Med; 2012; 36(4): 199-207
22. Speer et al.; Pädiatrie; 2013
23. Kupke et al.; On the composition of capillary and venous blood serum; Clin Chim Acta. 1981; 112(2): 177-85
24. Kohse et al.; National and international initiatives and approaches for the establishment of reference intervals in pediatric laboratory medicine; J Lab Med 2015; 39(4): 197–212
25. Barthels et al.; Das Gerinnungskompodium; 2012
26. Der unterschätzte Arbeitsunfall, Infektionsrisiko durch Nadelstichverletzungen; Initiative SAFETY FIRST!
27. EU-Richtlinie 2010/32/EU des Rates der Europäischen Union von 2010 Zur Vermeidung von Verletzungen durch scharfe/spitze Instrumente im Krankenhaus- und Gesundheitssektor
28. SAFETY FIRST, Deutschland - www.nadelstichverletzung.de
29. CLSI, GP44-A4 2010; § 5.4.3
30. Hue et al.; Observed changes in serum potassium concentration following repeat centrifugation of Sarstedt Serum Gel Safety Monovettes after storage; Ann Clin Biochem 1991; 28: 309-10
Shafi et al.; The Effect of Recentrifugation of Serum Separator Tubes on Concentration of Serum Analytes; Ann Clin Lab Sci 2012 42 (3):318-319 Hira et al.; Pseudohyperkalaemia caused by recentrifugation of blood samples after storage in gel separator tubes; Ann Clin Biochem 2001 38(Pt 4):386-90 Hira et al.; High Serum Potassium Concentrations after Recentrifugation of Stored Blood Specimens; NEJM 2000 343(2):153-154

31. CLSI; Hemolysis, Icterus, and Lipemia/Turbidity Indices as Indicators of Interference in Clinical Laboratory Analysis; Approved Guideline; 2012; C56-A
32. Lippi et al.; In vitro and in vivo hemolysis, an unresolved dispute in laboratory medicine; 2012
33. Omar et al.; Reducing blood sample hemolysis in the emergency department using S-Monovette® in aspiration mode; 2023; Pract Lab Med 35 e00315
34. Halm, et al. Obtaining blood samples from peripheral intravenous catheters: best practice? Am J Crit Care 2009; 18(5): 474-78
35. Wollowitz, et al. Use of butterfly needles to draw blood is independently associated with marked reduction in hemolysis compared to intravenous catheter. Ac Emerg. Med 2013; 20(11): 1151-55
36. ENA's Translation Into Practice. Reducing Hemolysis of Peripherally Drawn Blood Samples. 2012 (Emergency Nursing Association)
37. Heyer et al.; Effectiveness of practices to reduce blood sample hemolysis in EDs: A laboratory medicine best practices systematic review and meta-analysis; Clin Biochem 2012; 45(13-14): 1012-32
38. Straszewski et al. J; Use of separate veniunctures for IV access and laboratory studies decreases hemolysis rates; Intern Emerg Med 2011; 6(4): 357-59
39. Dugan et al.; Factors Affecting Hemolysis Rates in Blood Samples Drawn from Newly Placed IV Sites in the Emergency Department; J Emerg Nurs 2005; 31(4): 338-45
40. Lippi et al.; Hemolyzed specimens: a major challenge for emergency department and clinical laboratories, Crit Rev Clin Lab Sci 2011; 48(3): 143-53
41. Cadamuro et al.; The economic burden of hemolysis; CCLM 2015
42. Jacobs et al.; Cost of hemolysis; AnnClinBiochem 2012; 49(Pt 4): 412
43. Jacobs et al.; Haemolysis Analysis; An Audit of Haemolysed Medical Admission Blood Results; AcuteMed 2010; 9(1): 46-47
44. P650 IATA/ADR
45. TRBA 100
46. Tatsumi et al.; Specimen Collection, Storage, and Transmission to the Laboratory for Hematological Tests; International Journal of Hematology 2002; 75(3): 261-68
47. Koessler et al.; The preanalytical influence of two different mechanical transport systems on laboratory analysis; Clin Chem Lab Med; 2011;49(8):1379-82
48. Kratz et al.; Effects of a pneumatic tube system on routine and novel hematology and coagulation parameters in healthy volunteers; Arch Lab Med; 2007; 131(2): 293-96
49. Sodi et al.; Pneumatic tube system induced haemolysis: assising sample type susceptibility to haemolysis; Ann Clin Biochem; 2004; 41(Pt 3): 237-40
50. Steige et al.; Evaluation of pneumatic-tube system for delivery of blood specimens; Clin Chem; 1971; 17(12): 1160-64
51. Koçak et al.; The effects of transport by pneumatic tube system on blood cell count, erythrocyte sedimentation and coagulation tests; Biochemia Medica; 2013; 23(2): 206-10
52. Tiwari et al.; Speed of sample transportation by a pneumatic tube system can influence the degree of hemolysis; Clin Chem Lab Med; 2011; 50(3): 471-74

11 Rechtliche Hinweise

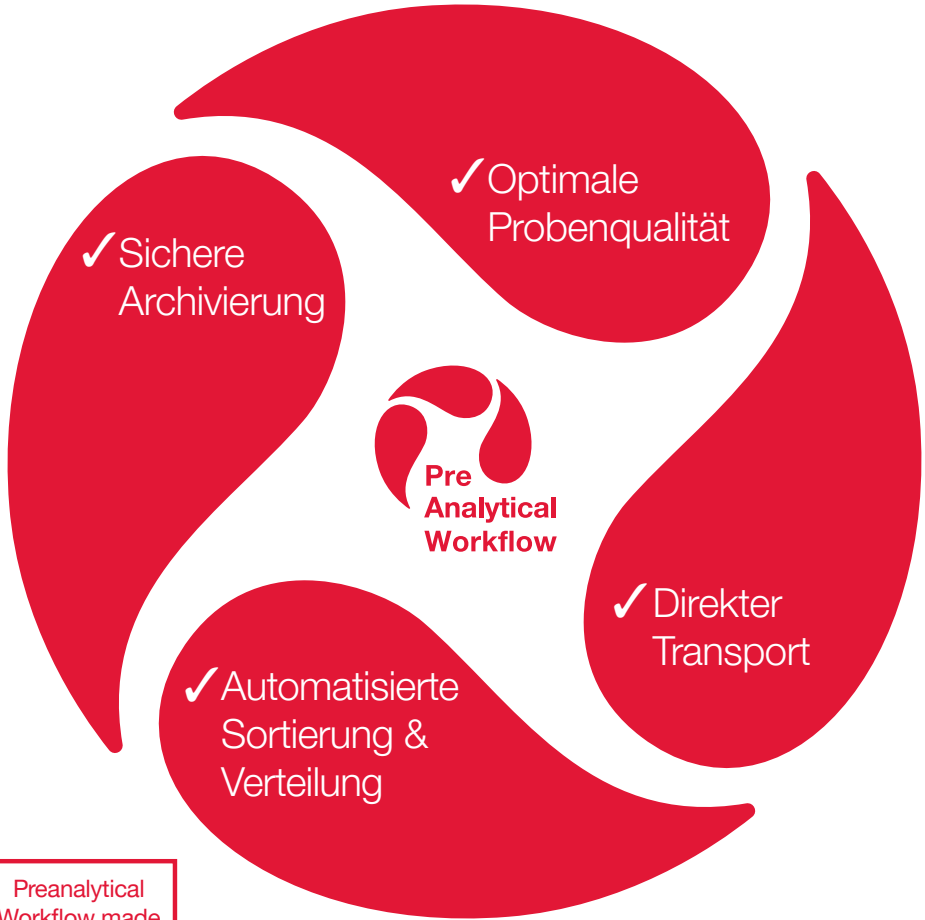
Wir möchten Sie darauf hinweisen, dass die in „Grundlagen der venösen Blutentnahme“ behandelten Themen nur empfehlenden Charakter besitzen und keinesfalls ärztlichen, wissenschaftlichen oder technischen Rat ersetzen.

Technische Änderungen vorbehalten.

Diese Publikation kann Informationen zu Produkten enthalten, die evtl. nicht in jedem Land verfügbar sind.

360° Lösungen für Ihre Präanalytik

Nutzen Sie die Synergie unserer aufeinander abgestimmten Systeme.



Preanalytical
Workflow made
by SARSTEDT
online



workflow.sarstedt.com

SARSTEDT AG & Co. KG

Postfach 12 20
D-51582 Nümbrecht

Tel.: +49 2293 305 0
Fax: +49 2293 305 3450

Kundenservice Deutschland
Telefon 0800 0 83 305 0

info@sarstedt.com
www.sarstedt.com

Wenn Sie Fragen haben:
Wir helfen Ihnen gerne weiter!

Besuchen Sie auch unsere Internetseite: www.sarstedt.com



SARSTEDT