

*To make your
workflow excellent.*



Tipps & Tricks in der Präanalytik

für qualitativ hochwertige Proben und korrekte Analyseergebnisse



Präanalytik

Prof. Dr. med. Thomas Streichert



Prof. Dr. med. Thomas Streichert ist Direktor des Instituts für Klinische Chemie an der Uniklinik Köln der Universität zu Köln. Er studierte Humanmedizin an der Uniklinik Hamburg-Eppendorf und promovierte im Bereich der Labormedizin. Nach klinischer Tätigkeit in der Allgemeinchirurgie und Kinderchirurgie setzte er seine Weiterbildung im Institut für Klinische Chemie fort und schloss diese mit dem Facharzt für Laboratoriumsmedizin ab. Daneben absolvierte er ein Aufbaustudium Molekularbiologie am Zentrum für Molekulare Neurobiologie Hamburg und habilitierte für das Fach Laboratoriumsmedizin. Prof. Dr. med. Streichert gewann mehrfach Preise für herausragende studentische Lehre, hat zahlreiche wissenschaftliche Artikel und Buchbeiträge verfasst und sich u. a. mit präanalytischen Themen, wie dem Einfluss von Transporten auf die Qualität von Blutproben

auseinandergesetzt. Neben seinem internationalen Engagement in der EFLM und der IFCC ist er in der Deutschen Gesellschaft für Klinische Chemie Mitglied des Präsidiums und Sprecher des Kompetenzfelds Qualität und Management zu dem die Sektion Extraanalytische Qualität gehört.

Vorwort

Labormedizinische Diagnostik gelingt, wenn sie den Zustand des menschlichen Körpers zum Zeitpunkt der Probengewinnung möglichst gut charakterisiert. Ebenso wichtig wie die Qualitätssicherung der Analytik im Labor ist dafür die Qualitätssicherung der Prä- und Postanalytik.

Die Präanalytik ist in dem Prozess entscheidend: Ohne eine gute Präanalytik kann keine qualitativ hochwertige Diagnostik erfolgen. Untersuchungen zeigen, dass bis zu 2/3 aller Fehler in dieser Phase entstehen, insbesondere durch unzureichende Patientenvorbereitung, fehlerhafte Probengewinnung, Patientenverwechslung oder nicht sachgerechten Transport und Lagerung. Dies kann zu Fehlinterpretationen mit unmittelbaren klinischen Konsequenzen führen, die im besten Fall eine Neugewinnung des Probenmaterials, im schlimmsten Fall aber die Einleitung oder Unterlassung therapeutischer Maßnahmen zur Folge haben.

Mit der umfassenden Überarbeitung und Neustrukturierung des Leitfadens ist es gelungen, die wesentlichen präanalytischen Anforderungen zu systematisieren und anhand aktueller Richtlinien und Empfehlungen praxisnah darzustellen. Grundlage bilden hierbei u. a. die „Richtlinie der Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen“ (Rili-BÄK), Empfehlungen des Clinical and Laboratory Standards Institute (CLSI) und der European Federation of Laboratory Medicine (EFLM).

Labordiagnostik ist Teamarbeit, daher richtet sich der Leitfaden an alle im diagnostischen Prozess involvierten Berufsgruppen und soll sowohl das Bewusstsein für die Relevanz präanalytischer Variablen schärfen, als auch konkrete Handlungsempfehlungen bereitstellen. Nur durch die konsequente Umsetzung standardisierter präanalytischer Prozesse kann die Labormedizin die zentrale Funktion in einer evidenzbasierten Patientenversorgung voll entfalten.

Prof. Dr. med. Thomas Streichert

Inhalt

1	Was bedeutet Präanalytik?	8			
1.1	Schlüsselemente der Präanalytik	9			
1.2	Die Qualität der Präanalytik ist entscheidend	10			
1.3	Sorgfalt und Qualität vom ersten Moment an	11			
2	Einflussgrößen und Störfaktoren	12			
2.1	Einflussgrößen	13			
2.1.1	Nicht beeinflussbare Einflussgrößen	14			
2.1.2	Beeinflussbare Einflussgrößen	17			
2.2	Störfaktoren	21			
2.2.1	Hämolyse, Lipämie und Ikterus	22			
3	Hämolyse, Unterfüllung, Blutgerinnsel	24			
3.1	Hämolyse	25			
3.1.1	Nachweis der Hämolyse	25			
3.1.2	Ursachen der <i>In-vivo</i> -Hämolyse	26			
3.1.3	Ursachen der <i>In-vitro</i> -Hämolyse	27			
3.1.4	Unterschied zwischen <i>In-vivo</i> - und <i>In-vitro</i> -Hämolyse	28			
3.1.5	Störungen durch Hämolyse	29			
3.1.6	Klinische Relevanz	30			
3.2	Unterfüllung	31			
3.2.1	Konsequenzen einer Unterfüllung	31			
3.3	Blutgerinnsel in antikoagulierten Proben	33			
4	Die venöse Blutentnahme	34			
4.1	Vorbereitung des Patienten	35			
4.2	Welche Verantwortung trägt die blutabnehmende Person?	35			
4.3	Eindeutige Identifizierung von Blutproben	36			
4.3.1	Identifikation des Patienten	36			
4.3.2	Blutentnehmende Person und anfordernder Arzt	36			
4.3.3	Richtlinien und Empfehlungen für das Beschriften von Probengefäßen	37			
4.4	Farbcodierung von Blutentnahmeröhrchen	39			
4.5	Entnahmereihenfolge	40			
4.6	Vermeidung von Unterfüllung	41			
5	Durchführung der venösen Blutentnahme	42			
5.1	Empfehlungen für Standardbedingungen vor und während der Blutentnahme	43			
5.2	Venöse Blutentnahme in 12 Schritten	43			
5.3	Venenstauung und Punktionsstellen	44			
5.3.1	Stauzeit und Ballen der Faust	45			
5.4	Maßnahmen bei Problemen vor oder während der Blutentnahme	46			
5.4.1	Schlechte Venenverhältnisse	46			
5.4.2	Stopp des Blutflusses während der Entnahme	46			
5.4.3	Hämolyse durch falsche Verwendung der Kanüle	46			
5.5	Aspirations- und Vakuumtechnik	47			
5.5.1	S-Monovette® Aspirationstechnik	47			
5.5.2	S-Monovette® Vakuumtechnik	50			
5.6	Veränderung der Blutproben durch Infusionen	52			
5.7	Blutentnahme an peripheren Venenkathetern	52			
5.7.1	Hämolyse-Risikofaktor: peripherer Venenkatheter	53			
5.7.2	Multi-Adapter – die direkte Verbindung	53			
5.8	Blutkulturdiagnostik	54			
5.8.1	Blutentnahme für die Blutkulturdiagnostik	54			
5.8.2	Hygienische Anforderungen	55			
5.8.3	Handhabung der Blutentnahme	56			
5.8.4	Probenvolumen und Anzahl der Flaschen	57			
6	Die Blutentnahme in der Pädiatrie	58			
6.1	Besonderheiten bei der Blutentnahme	60			
6.2	Die venöse Blutentnahme	61			
6.2.1	Geschlossene venöse Blutentnahme	61			
6.2.2	Abtropf-Blutentnahme	62			
6.3	Physiologische Besonderheiten bei Kindern	63			
6.3.1	Hämostase bei Kindern	63			
6.3.2	Hämatokrit bei Neugeborenen	63			
7	Kapillare Blutentnahme	64			
7	Anwendungsbereiche der Kapillarblutentnahme	66			
7.1	Durchführung einer Kapillarblutentnahme	66			
7.1.1	Vorbereitung der Blutentnahme	67			
7.1.2	Erwärmung der Punktionsstelle	68			
7.1.3	Punktionsstellen	69			
7.1.4	Punktion und Probengewinnung in 9 Schritten	70			
7.1.5	Wichtige Hinweise zur Einstichtiefe	70			
7.2	Safety-Lanzette & Safety-Inzisionslanzette	71			
7.2.1	Funktionsunterschied zwischen Standardlanzette und Inzisionslanzette	72			
7.2.2	Ausführungen der Safety-Lanzette	73			
7.2.3	Handhabung – Safety-Lanzette	74			
7.2.4	Ausführungen Safety-Inzisionslanzette	74			
7.2.5	Handhabung der Safety-Inzisionslanzette	75			
7.3	Microvette® – Entnahmereihenfolge und -techniken	76			
7.3.1	Microvette® – Entnahmereihenfolge nach CLSI	77			
7.3.2	Microvette® – Entnahmetechniken	78			
7.4	Minivette® POCT	80			
7.4.1	Handhabung Minivette® POCT	80			
7.5	Zentrifugationsbedingungen kapillare Blutentnahme	81			
8	Blutgasproben	82			
8.1	Art der Blutentnahme	84			
8.2	Einfluss der Lagerung	85			
8.3	Fehlervermeidung	86			
8.3.1	Luftkontamination	86			
8.3.2	Gerinnsel	87			
8.3.3	Kontaminationen durch Infusionen oder Spüllösungen	87			
8.3.4	Hämolyse	88			
8.4	Blutentnahme mit der Blutgas-Monovette®	89			
8.4.1	Entlüften der Blutgas-Monovette®	90			
8.4.2	Mischen der Blutgas-Proben	90			
8.4.3	Blutentnahme mit der Blutgas-Kapillare	91			

9	Sicherheit rund um die Blutentnahme	92
9.1	Safety-Multifly®-Kanüle und Safety-Kanüle	94
9.1.1	Safety-Multifly®-Kanüle – Aktivierung des Nadelschutzes	94
9.1.2	Safety-Kanüle – Aktivierung des Nadelschutzes	95
9.2	Multi-Safe-Entsorgungsboxen	96
10	Zentrifugation	98
10.1	Unterschied zwischen Drehzahl und g-Zahl	99
10.2	Zentrifugationsbedingungen für die S-Monovette®	101
10.3	Unterschied zwischen Festwinkel- und Ausschwingrotor	102
10.4	Fehlerquellen vor und während der Zentrifugation	103
10.4.1	Serumproben	103
10.4.2	Zentrifugationstemperatur	104
10.4.3	Einsätze für Zentrifugenbecher	104
10.4.4	RPM oder RCF?	104
10.4.5	Beladung von Zentrifugen	104
10.5	Weiterführende Informationen zu Trenngelen	105
10.5.1	Gelaufstieg während der Zentrifugation	106
10.5.2	Re-Zentrifugation	107
11	Lagerung & Transport	108
11.1	Probentransport	109
11.1.1	Verpackungsanweisung P650 gemäß ADR und IATA	109
11.1.2	Probentransport von „Freigestellten medizinischen Proben“	110
11.1.3	In-House-Transport gemäß TRBA 100	110
11.2	Einfluss von Temperatur, Zeit und Zellstoffwechsel	110
11.3	Einfluss von Lagertemperatur auf Glucose und Kalium	111
11.4	Proben richtig transportieren und lagern	112
11.5	Gerinnungsdiagnostik	113
11.6	Hämatologie	113
11.7	Checkliste für den Transport	114
11.8	Moderner Rohrpost-Transport	114
11.8.1	Tempus1800® System	115
12	Die Urinprobengewinnung	116
12.1	Hinweise zur Probengewinnung	117
12.2	Lagerung & Transport	118
12.3	Arten der Analytik	118
12.3.1	Streifentest	118
12.3.2	Urinsediment-Überprüfung	119
12.3.3	Klinisch-chemische Untersuchung	119
12.3.4	Mikrobiologische Untersuchung	120
12.3.5	Drogennachweis	121
12.4	Arten von Urinproben	121
12.4.1	Mittelstrahlurin	121
12.4.2	Katheterurin	122
12.4.3	Blasenpunktionsurin	123
12.4.4	24-Stunden-Sammelurin	123
12.5	Durchführung der Urinprobengewinnung	125
12.5.1	Mittelstrahlurin	125
12.5.2	24-Stunden-Urin	129
12.5.3	Urinkatheter	131

Danksagung

Besonderer Dank gebührt den Autoren der früheren Auflagen, allen voran Prof. Dr. rer. nat. Ralf Lichtinghagen. Ihre Beiträge haben den Weg geebnet und die Entwicklung dieses Werkes maßgeblich geprägt. Die neue Ausgabe setzt diese Geschichte in vollständig überarbeiteter Form fort.

Rechtliche Hinweise:

Wir möchten Sie darauf hinweisen, dass die in „Tipps & Tricks in der Präanalytik“ behandelten Themen aus den Bereichen venöse Blutentnahme, kapillare Blutentnahme und Uringewinnung nur empfehlen- den Charakter besitzen und keinesfalls ärztlichen, wissenschaftlichen oder technischen Rat ersetzen.

Hinweis zu personen- und berufsbezogenen Bezeichnungen



Bei personen- und berufsbezogenen Bezeichnungen sind immer alle Geschlechter gemeint.

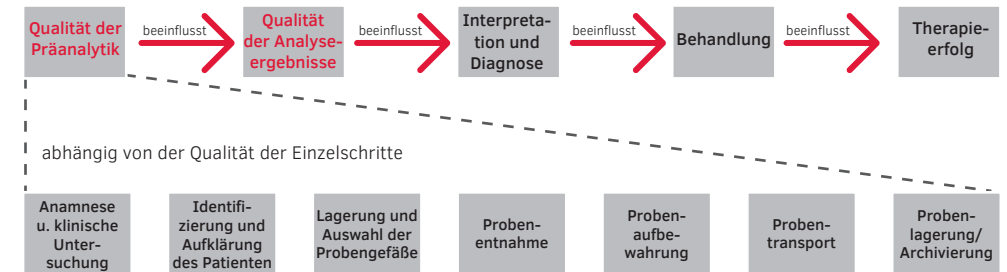


1

Was bedeutet Präanalytik?

Qualitativ hochwertige Präanalytik ist Teamarbeit.

Die Präanalytik umfasst alle Prozesse vor der eigentlichen Laboranalyse und bildet somit das Rückgrat professioneller Laborprozesse – von der Aufklärung und Identifizierung des Patienten über die Probenentnahme und den Probentransport bis zur Analyse. Ihre Qualität hängt maßgeblich von der Integrität der Probe, Vermeidung von Fehlern und der Effizienz der Arbeitsabläufe in Laboren, Kliniken und Praxen ab.



Die Qualität der Präanalytik kann somit nur so gut sein wie die Qualität ihrer Einzelschritte. Von der Qualität der Präanalytik hängt letztendlich die Qualität und Richtigkeit der Analyseergebnisse ab und hiervon die Interpretation der Ergebnisse durch den Arzt sowie dessen Schlussfolgerungen für die Diagnose.

Je wichtiger das Analyseergebnis der einzelnen Probengewinnung ist, desto größer der Einfluss auf die Diagnose und Behandlung und somit schlussendlich auf den Therapieerfolg.

Beispielsweise hat ein einzelnes Analyseergebnis zur Bestätigung oder zum Ausschluss einer Erkrankung einen größeren Einfluss auf den Therapieerfolg als eine repetitiv durchgeführte Blutentnahme im Krankenhaus, die bei Unstimmigkeiten oder Abweichungen von den Vorwerten einfach durch eine erneute Blutentnahme wiederholt werden kann.

1.1 Schlüsselemente der Präanalytik

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



Probenentnahme: Mit einer präzisen, standardisierten Probenentnahme gewährleisten Sie valide und vergleichbare Ergebnisse und beugen präanalytischen Fehlern vor, wie z. B. falscher Identifizierung, zu geringem Volumen oder der Hämolyse von Blutproben.

Lagerung & Transport: Durch sachgemäße Lagerung sowie vorschriftsmäßigen und sicheren Transport schützen Sie Ihre Proben und sorgen für zuverlässige Analyseergebnisse.

Probenvorbereitung: Durch standardisierte oder automatisierte Prozesse sowie moderne Ausstattung sorgen Sie für ein effektives und professionelles Probenhandling sowie nahtlos ineinandergreifende präanalytische Abläufe mit geringem Personalaufwand.

Archivierung: Durch korrekte Archivierung garantieren Sie für Ihre Proben die Rückverfolgbarkeit, die eindeutige Identifizierung sowie die Verfügbarkeit für Nachanalysen.

WICHTIG

- **Präanalytik ist Teamarbeit:** Die Präanalytik ist nur so gut wie die Qualität jedes einzelnen Schrittes und somit auch vom Zusammenspiel aller beteiligten Personen, wie z. B. Ärzten, medizinischen Fachangestellten und Pflegepersonal sowie dem Labor abhängig.

1.2 Die Qualität der Präanalytik ist entscheidend

Die enge Verknüpfung zwischen Präanalytik und Diagnostik ist durch eine Vielzahl von Publikationen belegt. Fehler in der Präanalytik können die Zuverlässigkeit und Genauigkeit von Laborergebnissen erheblich beeinträchtigen, was die Patientenversorgung gefährdet und die finanzielle Belastung im Gesundheitswesen erhöht, wie folgende Zahlen verdeutlichen:

- Ungefähr 70 % aller klinischen Entscheidungen beruhen auf Laboranalysen, die unmittelbar von zuverlässiger Präanalytik abhängen.¹
- Etwa 60 % der gesamten Analytik umfasst präanalytische Prozesse.²
- Bis zu 75 % aller Laborfehler geschehen in der Präanalytik.³

Umso wichtiger ist es, dass alle Beteiligten über die möglichen Einflüsse und Fehlerquellen informiert sind und dieses Wissen aktiv zur Vermeidung von Fehlern nutzen. Denn das Messergebnis kann nur so gut sein, wie die gewonnene Patientenprobe es zulässt.

Häufige Folgen von präanalytischen Fehlern sind:



Die Ursachen dieser Fehler und Maßnahmen zu deren Vermeidung finden Sie im Kapitel Hämolyse, Unterfüllung, Blutgerinnsel.

1.3 Sorgfalt und Qualität vom ersten Moment an

Patientenvorbereitung: Minimieren Sie Fehler durch eine gründliche Anamnese und Vorbereitung Ihrer Patienten in Bezug auf ihren körperlichen Zustand, Nahrungskarenz und den Ablauf der Präanalytik.

Einheitliche Protokolle und Prozesse: Stellen Sie mit klaren, standardisierten Protokollen und Arbeitsanweisungen eine optimale Probennahme sowie ein schnelles, effizientes und qualitativ hochwertiges Probenhandling und eine optimale Turnaround-Time (TAT) sicher.

Überwachung und Kontrolle: Beugen Sie durch kontinuierliches Monitoring sowie durch Kontrolle Ihrer präanalytischen Prozesse Fehlern und Ineffizienzen beim Probenmanagement vor.

Regelmäßige Personalschulungen: Durch gründliches Training und regelmäßige Schulungen können Sie Kompetenzen wie Entnahmetechniken, Probenvorbereitung und Probenmanagement in Ihren Teams auffrischen oder erweitern.

Hochwertige Systeme: Durch hochwertige Systeme und Produkte zur Probenentnahme, zur Verteilung und Sortierung sowie für Lagerung und Transport sichern Sie die bestmögliche Integrität Ihrer Proben und der Gesamtdurchlaufzeit (ToTAT, Total Turnaround-Time).

Kenntnisse im Hinblick auf Einfluss- und Störfaktoren: Für die Erstellung von validen Analyseergebnissen und für eine plausible Befundinterpretation ist eine genaue Kenntnis hinsichtlich der Auswirkung von Einflussgrößen und Störfaktoren zwingend erforderlich. Näheres zu diesem Thema erfahren Sie im nächsten Kapitel.

¹ Hallworth MJ. The „70% claim”: what is the evidence base? Ann Clin Biochem. 2011 Nov;48(Pt 6):487-8.

² Carraro P, Plebani M. Errors in a stat laboratory: types and frequencies 10 years later. Clin Chem. 2007 Jul;53(7):1338-42.

³ Bonini P, Plebani M, Ceriotti F, Rubboli F. Errors in laboratory medicine. Clin Chem. 2002 May;48(5):691-8.

¹ bezogen auf die Gesamtheit der präanalytischen Fehler gemäß Tabelle 4 aus Bonini P, Plebani M, Ceriotti F, Rubboli F. Errors in laboratory medicine. Clin Chem. 2002 May;48(5):691-8.



2

Einflussgrößen und Störfaktoren

Für die korrekte Erstellung und Interpretation von Analyseergebnissen ist die Kenntnis im Hinblick auf Einflussgrößen und Störfaktoren wesentlich.

2.1 Einflussgrößen

Einflussgrößen können die Konzentration von Analyten verändern. Diese Veränderungen treten unabhängig von der zugrunde liegenden Erkrankung auf und sollten bei der Bewertung der Ergebnisse berücksichtigt werden. Da Einflussgrößen patientenabhängig sind, liegen die folgenden Punkte auch in der Verantwortung des Patienten:

- Richtige Angaben bei der Anamnese
- Medikation (z. B. Macumar, Verhütungsmittel [Pille], Nahrungsergänzungsmittel)
- Ernährung (z. B. vegan, vegetarisch, Diät, Fasten)
- Richtiges Sammeln (Blut, Urin, Stuhl etc.)

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

Einflussgrößen werden in beeinflussbare und nicht beeinflussbare Einflussgrößen unterteilt. Diese sollten Sie zumindest kennen:

Nicht beeinflussbare Einflussgrößen

Gene, Alter und Geschlecht: Körpereigene Unterschiede durch ethnische Herkunft, Geschlecht und Alter können Blutwerte und Messgrößen beeinflussen.

Biologischer und zirkadianer Rhythmus: Die Konzentration einiger Analyte, wie Cortisol, ändert sich innerhalb eines Tages, während andere Konzentrationen durch hormonelle Einflüsse (z. B. Schwangerschaft) verändert werden.

Beeinflussbare Einflussgrößen

Ernährung: Ernährungsbedingte Veränderungen in der Konzentration von Analyten können kurzfristig durch eine Mahlzeit, z. B. in Hinsicht auf Triglyceride, oder längerfristig, z. B. durch Fasten, herbeigeführt werden. Daher ist eine Nahrungskarenz (Nüchternheit) vor der geplanten Blutentnahme einzuhalten.

Medikamenteneinnahme: Medikamente können Mess- und Körperwerte erhöhen oder senken.

Drogenkonsum: Klinisch-chemische Messgrößen verändern sich u. a. durch die Einnahme von Morphinen oder Cannabis.

Genussmittel: Der Genuss von Alkohol, Nikotin oder Koffein führt zum Anstieg oder Abfall verschiedener Messwerte im Körper. Ein chronischer Genuss von Alkohol und Nikotin kann ebenfalls anhand der Veränderung von Analyten erkannt werden.

Körperliche Aktivität: Die körperliche Aktivität vor der Probenentnahme übt Einfluss auf die Messwerte aus. Insbesondere intensive oder außergewöhnliche Aktivitäten sowie Stress gilt es vor Blutentnahmen zu vermeiden.

Körperlage: Die Änderung der Körperlage kurz vor der Blutentnahme wirkt sich durch Wasserverlagerung in die Blutgefäße oder aus diesen auf die Konzentration von Blutzellen, Eiweißen und andere Substanzen aus.

Zur Veranschaulichung der verschiedenen Einflussgrößen werden im Folgenden einige nicht beeinflussbare und beeinflussbare Einflussgrößen anhand von Beispielen aufgeführt, die jedoch keine umfassende Aufzählung darstellen.

2.1.1 Nicht beeinflussbare Einflussgrößen

Nicht beeinflussbare Einflussgrößen beruhen auf körpereigenen Unterschieden, die genetisch bedingt, geschlechtsabhängig, altersbedingt oder tageszeitabhängig sind.



Ethnische Zugehörigkeit

Vergleiche von Blutwerten zeigen, dass Personen afrikanischer Abstammung signifikant von den Referenzwerten der europäischen Population abweichen:

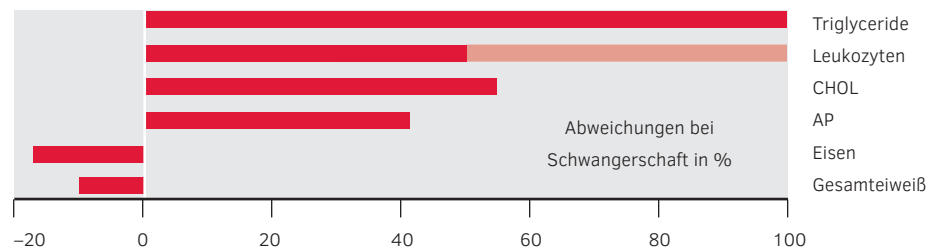
- Die Leukozytenzahlen sind signifikant tiefer.¹
- Die Vitamin-B12-Konzentration ist 1,35-fach höher.²
- Die Referenzbereiche für Kreatinin, die Creatinkinase (CK) und Alpha-Amylase liegen deutlich höher.³

Bei der asiatischen Population ist im Vergleich zur europäischen Population die Aktivität der Alkoholdehydrogenase herabgesetzt. Außerdem besteht eine erhöhte Laktoseintoleranz in der asiatischen Bevölkerung.



Schwangerschaft

Die Blutsenkungsgeschwindigkeit kann im Verlauf der Schwangerschaft um das 5-fache ansteigen.⁴ Für eine korrekte Interpretation der BSG-Werte müssen daher die Schwangerschaftswoche und die Hämoglobinkonzentration berücksichtigt werden.



Beispiel für die prozentuale Abweichung von Blutwerten in der Schwangerschaft. Prozentwerte entnommen aus: Seelig et al.; Präanalytik; 2008

¹ Bain B, Seed M, Godsland I. Normal values for peripheral blood white cell counts in women of four different ethnic origins. J Clin Pathol. 1984 Feb;37(2):188-93.

² Saxena S, Carmel R. Racial differences in vitamin B12 levels in the United States. Am J Clin Pathol. 1987 Jul;88(1):95-7.

³ Lim E, Miyamura J, Chen JJ. Racial/Ethnic-Specific Reference Intervals for Common Laboratory Tests: A Comparison among Asians, Blacks, Hispanics, and White. Hawaii J Med Public Health. 2015 Sep;74(9):302-10.

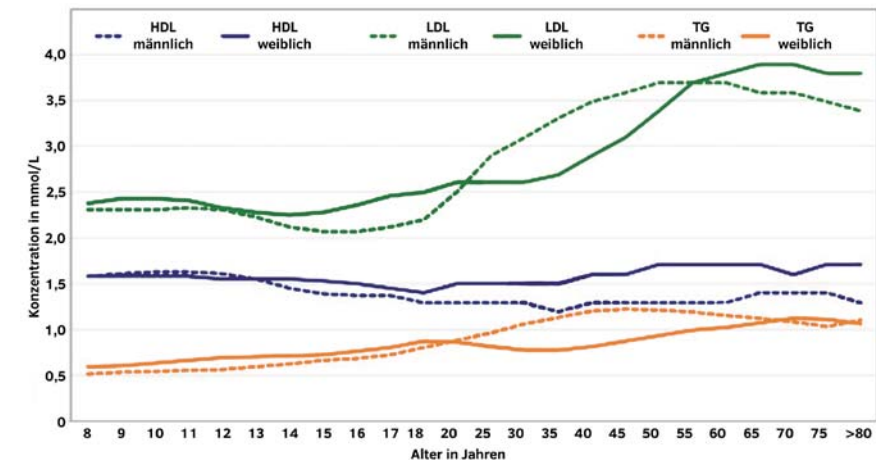
⁴ Van den Broe NR, Letsky EA. Pregnancy and the erythrocyte sedimentation rate. BJOG. 2001 Nov;108(11):1164-7.



Lebensalter

Abhängig vom Alter können sich unterschiedliche Analyte in ihren Werten verändern. Daher sind altersabhängige Referenzbereiche für diverse Analyte notwendig.

- Bei Säuglingen findet man höhere Bilirubin-, Hämatokrit- und HbF-Werte.
- Bei Kindern in der Wachstumsphase ist die Aktivität der alkalischen Phosphatase am höchsten. Sie wird durch den Knochenstoffwechsel beeinflusst und ist daher auch nach Knochenbrüchen erhöht.
- Mit zunehmendem Alter tritt bei beiden Geschlechtern häufig ein Anstieg des Gesamtcholesterins auf.



Beispielhafter alters- und geschlechtsabhängiger Werteverlauf von LDL-, HDL-Cholesterin und Triglyceriden, modifiziert nach: Holven KB, Roeters van Lennep J. Sex differences in lipids: A life course approach. Atherosclerosis. 2023 Nov;384:117270. doi: 10.1016/j.atherosclerosis.2023.117270. Epub 2023 Sep 1.



Geschlecht

Ähnlich wie beim Lebensalter existieren geschlechtsabhängige Unterschiede in den Messwerten. Ein bekanntes Beispiel ist, dass bei Männern der Wert für Testosteron höher ist und bei Frauen der Wert für Östrogen. Neben diesen geschlechtsspezifischen Analyten wirkt sich auch die Muskelmasse auf einzelne Analyte aus. Da Männer meist eine höhere Muskelmasse aufweisen als Frauen, sind bei ihnen auch die Messwerte für die Creatinkinase (CK) und Kreatinin höher. Ebenso existieren Unterschiede im Lipidstoffwechsel, wodurch sich die Cholesterinwerte bei Männern und Frauen unterscheiden (s. Abbildung oben).

Daher sind neben altersabhängigen Referenzbereichen auch geschlechtsspezifische Referenzbereiche für verschiedene Analyte notwendig.



Biologische Rhythmik

Die Vitamin-D-Produktion (25-Hydroxycholecalciferol) unterliegt jahreszeitlichen Schwankungen. Im Sommer wird durch die stärkere UVB-Strahlung mehr Vitamin D als im Winter in der Haut synthetisiert.

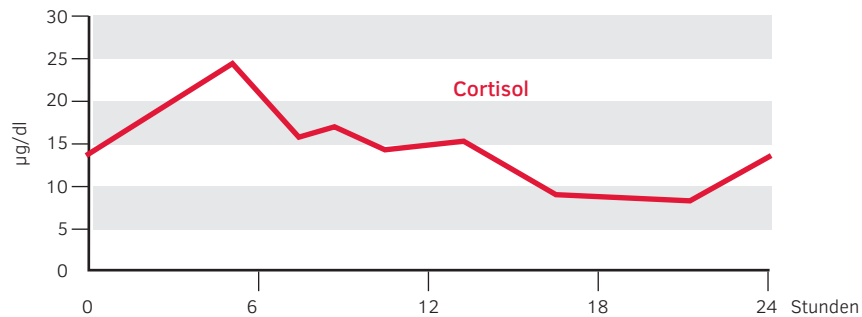


Zirkadianer Rhythmus

Auch als tagesrhythmische Schwankung bekannt, bezeichnet dieser Effekt die erwarteten Konzentrationsunterschiede bestimmter klinisch-chemischer und endokrinologischer Messgrößen (z. B. Renin, Cortisol, Adrenalin, Noradrenalin, VMS und TSH)¹ im Verlauf eines Tages.

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 24-Stunden-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.



Beispielhafter Verlauf des Cortisolspiegels. Modifizierte Abbildung nach: Seelig et al.; Präanalytik; 2008

WICHTIG

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

¹ Seelig et al.; Präanalytik; 2008

2.1.2 Beeinflussbare Einflussgrößen



Drogenkonsum

Bei regelmäßigem Konsum von Drogen wie z. B. Cannabis, Heroin oder Morphinen verändern sich die unten stehenden klinisch-chemischen Messgrößen wie folgt im Blut:

Bei Cannabiskonsum steigen im Blut Chlorid, Harnstoff, Insulin, Kalium und Natrium an. Glucose, Harnsäure und Kreatinin dagegen sinken.¹

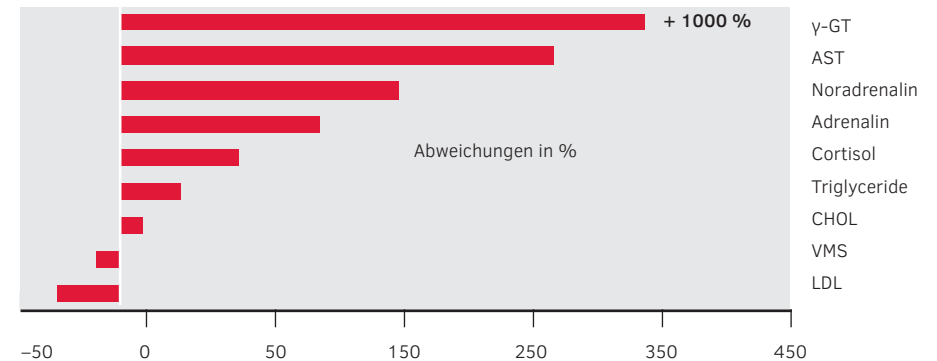
Cholesterin, Kalium und Thyroxin (T4) steigen unter Heroinkonsum an. Bei der Einnahme von Morphinen kommt es zum Anstieg von ALT, Alpha-Amylase, AP, Bilirubin, Lipase, Prolaktin und TSH, während Insulin und Noradrenalin abfallen.¹



Alkohol

Bei chronischem Alkoholmissbrauch sind die Blutwerte der Leberenzyme, wie γ-GT, AST und ALT, erhöht,² Folsäure und Vitamin B6 erniedrigt.³

Häufig verwendete Labormarker sind neben dem Carbohydrat-defizienten Transferrin (CDT) und γ-GT MCV und das Verhältnis von AST zu ALT.²



Beispielhafte prozentuale Änderung von Blutwerten bei chronischem Alkoholmissbrauch, die durch Leberschädigungen und durch Veränderungen im hepatischen Lipid-, Kohlenhydrat- und Proteinstoffwechsel hervorgerufen wird.⁴ Werte entnommen aus: Seelig et al.; Präanalytik; 2008

¹ Young DS. Effects of drugs on clinical laboratory tests. Ann Clin Biochem. 1997 Nov;34 (Pt 6):579-81.

² Hannuksela ML, Liisanantti MK, Nissinen AE, Savolainen MJ. Biochemical markers of alcoholism. Clin Chem Lab Med. 2007;45(8):953-61.

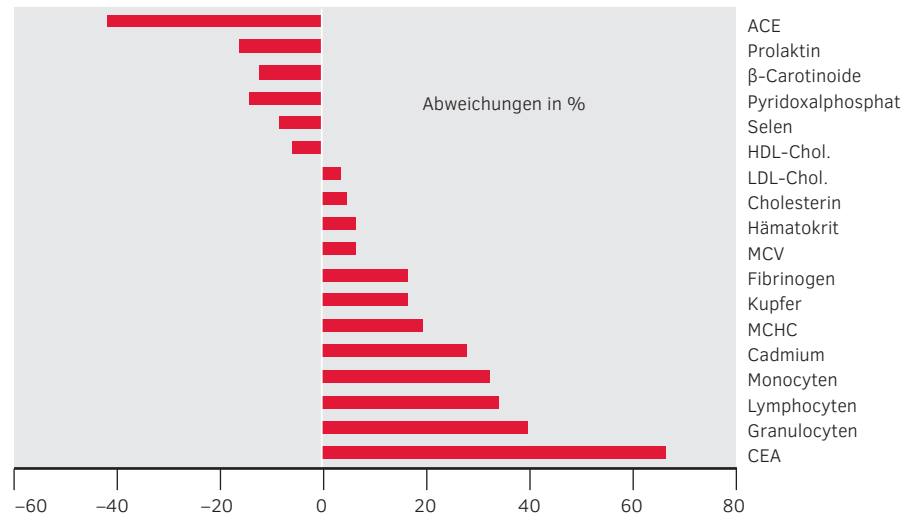
³ Hoyumpa AM. Mechanisms of vitamin deficiencies in alcoholism. Alcohol Clin Exp Res. 1986 Dec;10(6):573-81.

⁴ Zakhari S, Li TK. Determinants of alcohol use and abuse: Impact of quantity and frequency patterns on liver disease. Hepatology. 2007 Dec;46(6):2032-9.



Tabakrauchen

Chronisches Rauchen erhöht die Anzahl der Leukozyten, einige Enzymwerte und Tumormarker, wie z. B. CEA. Das Ausmaß der Veränderung ist abhängig von der Tabakmenge und der Art des Rauchens.



Beispielhafte prozentuale Änderung von Blutwerten bei chronischem Rauchen. Werte entnommen aus: Seelig et al.; Präanalytik; 2008



Kaffee

Schon 200 mg Koffein (2 Tassen Robusta-Kaffee oder 2 – 4 Tassen Arabica-Kaffee) erhöhen den Adrenalin-, Noradrenalin- sowie Cortisolspiegel (Cortisol + 40 %).¹ Cafestol und Kahweol aus Kaffee erhöhen das Gesamt- und LDL-Cholesterin.²



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-Wert).¹

Durch Einnahme von Acetylsalicylsäure (ASS) erhöhen sich die Werte von AST, ALT, Kreatinin sowie von Harnsäure in Abhängigkeit von der Dosierung.¹

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.¹

¹ Seelig et al.; Präanalytik; 2008

² Higdon JV, Frei B. Coffee and health: a review of recent human research. Crit Rev Food Sci Nutr. 2006;46(2):101-23.



Einfluss der Körperlage

Der Übergang vom Liegen zum Sitzen oder Stehen führt durch eine Erhöhung des Filtrationsdrucks in den Kapillaren zu einer Verschiebung von Wasser und niedermolekularen Blutbestandteilen (z. B. der Elektrolyte Natrium und Kalium) aus den Blutgefäßen in das Zwischengewebe. Die Folge ist eine Verringerung des Plasmavolumens um durchschnittlich 3,4 % beim Übergang vom Liegen zum Sitzen, 14,1 % vom Liegen zum Stehen und 9,7 % vom Sitzen zum Stehen.²

Hierdurch kommt es in den Blutgefäßen zu einer Konzentration von Blutzellen (Erythrozyten, Leukozyten, Thrombozyten) und großen Molekülen, wie Proteinen und Lipoproteinen, sowie an Proteine gebundenen Substanzen, wie z. B. Calcium, Eisen oder Magnesium, da diese die Kapillarwände nicht passieren können (Hämokonzentration). Niedermolekulare Blutbestandteile sind von dieser Konzentrationsänderung nicht betroffen. Des Weiteren führt eine Verringerung des Plasmavolumens letztendlich auch zu einem Blutdruckabfall und löst damit eine erhöhte Sekretion von Renin, Aldosteron, Adrenalin und Noradrenalin aus. Ebenso wie für die klinisch-chemischen (u. a. Albumin und Gesamtprotein) und hämatologischen Parameter (v. a. Hämoglobin, Hämatokrit und Erythrozytenzahl) hat die Körperlage und deren Änderung einen Einfluss auf die Messergebnisse von Gerinnungsparametern, v. a. auf die Prothrombinzeit (PT) und das Fibrinogen.^{2,3,4}

Ein Wechsel von der stehenden oder sitzenden in die liegende Körperlage hat einen gegenteiligen Effekt und führt zu einer Abnahme des effektiven Filtrationsdrucks und somit zu einer umgekehrten Volumenverschiebung.



Körperliche Aktivität

Während einer körperlichen Belastung kommt es ähnlich wie bei der Änderung der Körperlage von liegender in eine aufrechte Position zu Plasmavolumenveränderungen und zur Konzentration von Blutzellen, großen Molekülen, wie Proteinen, und an ihnen gebundenen Substanzen (Hämokonzentration). Die Dauer dieser Änderung ist abhängig von der Intensität der Belastung.⁵ Nach ungewohnter oder außergewöhnlicher Muskelbelastung tritt zusätzlich eine sogenannte Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) auf, eine erst nach 24 bis 72 Stunden einsetzende Form des Muskelkaters. Dieser ist mit Mikroverletzungen der Muskelfasern sowie einer lokalen Entzündungsreaktion verbunden, welche zu messbaren Veränderungen bestimmter Blutwerte und Entzündungsmarker führt.

¹ Seelig et al.; Präanalytik; 2008

² Lippi G, Salvagno GL, Lima-Oliveira G, Brocco G, Danese E, Guidi GC. Postural change during venous blood collection is a major source of bias in clinical chemistry testing. Clin Chim Acta. 2015 Feb 2;440:164-8.

³ Lippi G, Salvagno GL, Lima-Oliveira G, Danese E, Favaloro EJ, Guidi GC. Influence of posture on routine hemostasis testing. Blood Coagul Fibrinolysis. 2015 Sep;26(6):716-9.

⁴ Lima-Oliveira G, Guidi GC, Salvagno GL, Danese E, Montagnana M, Lippi G. Patient posture for blood collection by venipuncture: recall for standardization after 28 years. Rev Bras Hematol Hemoter. 2017 Apr-Jun;39(2):127-132.

⁵ Kargotich S, Goodman C, Keast D, Morton AR. The influence of exercise-induced plasma volume changes on the interpretation of biochemical parameters used for monitoring exercise, training and sport. Sports Med. 1998 Aug;26(2):101-17.

So steigen die Konzentrationen von AST, ALT, LDH, Creatinkinase (CK) und Myoglobin sowie Entzündungsparameter, v. a. CRP, Tumornekrosefaktor- α (TNF- α), Interleukin 6 und 8, nach außergewöhnlicher Muskelbelastung an und normalisieren sich erst nach mehreren Tagen.¹⁻⁴

Für gesunde Menschen kann eine außergewöhnliche Belastung z. B. ein Marathonlauf, Holzhacken oder Gewichtstemmen sein, für einen bettlägerigen Patienten dagegen schon der Weg zur Praxis. Daher sollten Sie Ihre Patienten vor der Blutentnahme entsprechend zur Ruhe kommen lassen und diese sollten mindestens drei Tage vor der Blutentnahme außergewöhnliche Muskelbelastungen vermeiden.

Ernährungsbedingte Veränderungen

Nachfolgende Tabelle zeigt die Veränderung von Analytenkonzentrationen bei vierwöchigem Fasten oder nach einer Standardmahlzeit von 800 kcal.

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

Werte aus: Seelig et al.; Präanalytik; 2008

¹ Caballero-García A, Noriega-González DC, Roche E, Drobnic F, Córdova A. Effects of L-Carnitine Intake on Exercise-Induced Muscle Damage and Oxidative Stress: A Narrative Scoping Review. *Nutrients*. 2023 May 31;15(11):2587.

² Pettersson J, Hindorf U, Persson P, Bengtsson T, Malmqvist U, Werkström V, Ekelund M. Muscular exercise can cause highly pathological liver function tests in healthy men. *Br J Clin Pharmacol*. 2008 Feb;65(2):253-9.

³ Bernat-Adell MD, Collado-Boira EJ, Moles-Julio P, Panizo-González N, Martínez-Navarro I, Hernando-Fuster B, Hernando-Domingo C. Recovery of Inflammation, Cardiac, and Muscle Damage Biomarkers After Running a Marathon. *J Strength Cond Res*. 2021 Mar 1;35(3):626-632.

⁴ de Sousa CAZ, Sierra APR, Martínez Galán BS, Maciel JFS, Manoel R, Barbeiro HV, de Souza HP, Cury-Boaventura MF. Time Course and Role of Exercise-Induced Cytokines in Muscle Damage and Repair After a Marathon Race. *Front Physiol*. 2021 Oct 15;12:752144.

2.2 Störfaktoren

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

Körpereigene (endogene) Störfaktoren

Ursache	Konsequenz	Probe
- Gilbert-Syndrom - Crigler-Najjar-Syndrom - Akute Hepatitis - Akutes Leberversagen	→ Hyperbilirubinämie → Mögliche Störung z. B. bei Cholesterin, Kreatinin, Harnsäure	ikterisch
- Sphärozytose - Immunhämolyse - Hämolisierende Antikörper - Hämoglobinopathie - Malaria	→ Hämolyse → Signifikante Verfälschung vieler optischer Messmethoden → Erhöhte Messwerte durch Freisetzung aus Erythrozyten (z. B. Kalium, LDH, AST)	hämolytisch
- Hyperlipoproteinämie - Fettstoffwechselstörung - Patient zur Blutentnahme nicht nüchtern	→ Hyperlipämie → Signifikante Verfälschung vieler optischer Messmethoden, falsch niedrige Werte bei Elektrolytbestimmungen (Natrium, Kalium) durch Verdünnungseffekt	lipämisch
- Hämatokrit > 65 % (Polyglobulie)	→ Erhöhung von PTZ und aPTT ¹	
- Hämatokrit < 20 % (Anämie)	→ Erniedrigung von PTZ und aPTT	

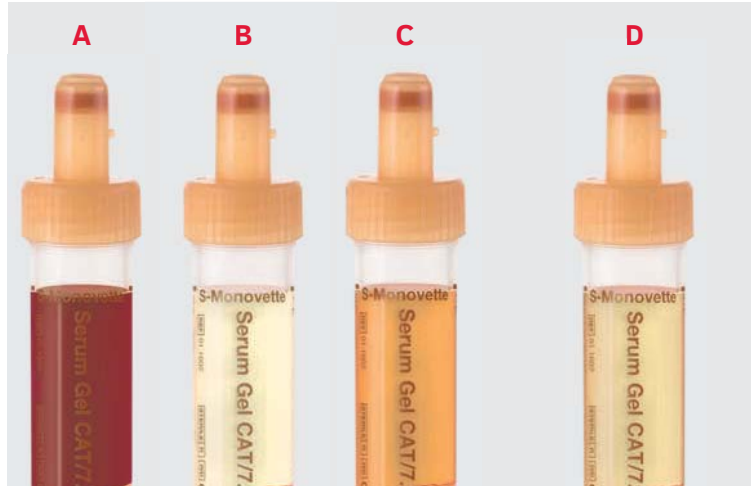
Körperfremde (exogene) Störfaktoren

Ursache	Konsequenz
- Arzneimittel (Infusionslösung, Antibiotika, Blutprodukte) - Antikoagulanzen (Kontamination durch Verschleppung von Präparierung) - Kontaminationen (Bakterien, Pilze, bakterieller Biofilm aus ZVK für Blutkultur)	→ Falsche Messergebnisse (Erhöhung und Erniedrigung möglich)
- Bluttransfusion	→ Abweichung verschiedener Blutwerte vom Vorwert möglich, z. B. MCV, Hb, Albumin etc.

¹ Endler G, Slavka G, Perkmann T, Haushofer A. The importance of preanalytics for the coagulation laboratory. *Hamostaseologie*. 2010 May;30(2):63-70; quiz 71-2. German.

2.2.1 Hämolyse, Lipämie und Ikterus

Störfaktoren können Messergebnisse verändern und methodenabhängig interferieren. Man unterscheidet körpereigene (endogene) und körperfremde (exogene) Störfaktoren. Während endogene Störfaktoren überwiegend krankheitsbedingt sind, sind exogene Störfaktoren auf Arzneimittel, Antikoagulanzen oder anderweitige Kontaminierung der Blutprobe zurückzuführen. Die häufigsten Störfaktoren sind in folgender Abbildung zusammen mit einer **normalen Probe (D)** dargestellt:



Hämolyse (A): Krankheitsbedingt oder durch präanalytische Fehler. Die Zerstörung von roten Blutkörperchen (Erythrozyten), z. B. durch Schädigung der Zellmembran (Lyse), kann durch Freisetzung von zytoplasmatischen Bestandteilen (z. B. Hämoglobin und Kalium) Analyte direkt in ihrer Konzentration ändern oder Messergebnisse durch Beeinträchtigung der Messmethode verfälschen.^{1,2}

Lipämie (B): Ernährungs- oder krankheitsbedingt. Lipämie bezeichnet eine milchig-weiße Trübung des Plasmas bzw. Serums nach der Zentrifugation, die durch eine übermäßige Konzentration von Lipiden (Fetten) im Blut verursacht wird. Sie kann sowohl krankheitsbedingt auftreten als auch nach dem Verzehr einer fetthaltigen Mahlzeit, die zu einem Anstieg der Triglyceride im Blut führt.

Die Lipämie beeinflusst Analysen auf verschiedene Weise: durch Lichtstreuung, durch die ungleichmäßige Verteilung von Analyten zwischen polaren (wässrigen) und unpolaren (lipidreichen) Phasen sowie durch Wechselwirkungen von Lipoproteinpartikeln mit Reagenzien.

Die durch Lipide verursachte Lichtstreuung erstreckt sich über das gesamte sichtbare Spektrum (300–700 nm). Besonders betroffen sind turbidimetrische und nephelometrische Tests. Da die Streuung mit abnehmender Wellenlänge zunimmt, sind kolorimetrische Verfahren, die z. B. auf der Messung von NAD(P)H bei 340 nm beruhen, besonders störanfällig.

Eine weitere Fehlerquelle ergibt sich aus der phasenabhängigen Verteilung von Analyten. Lipide und Lipoproteine wie VLDL oder Chylomikronen können sich an der Plasma- bzw. Serumoberfläche ablagern. Werden diese bei der oberflächennahen Probenpipettierung durch das Analysesystem erfasst, kann es beispielsweise zu einer Pseudohyponatriämie oder anderen Fehlmessungen kommen.

Darüber hinaus können Lipoproteinpartikel analytische Reaktionen direkt stören. Sie absorbieren hydrophobe Reagenzien oder Reaktionsprodukte und können unspezifisch die Antigen-Antikörper-Bindung in Immunoassays beeinflussen.^{1,2}

Ikterus (C): Krankheitsbedingt. Ikterus ist eine durch den Gallenfarbstoff Bilirubin ausgelöste Gelbfärbung der Haut, der Schleimhäute und Organe sowie Körperflüssigkeiten. Ikterische Proben können durch spektrale und chemische Eigenschaften des Bilirubins (Reduktion, Verbrauch von H₂O₂) Messmethoden stören und Ergebnisse verfälschen. Bilirubin absorbiert Licht im Bereich von 400 bis 540 nm, mit einem Maximum bei etwa 460 nm. Daher können kolorimetrische Tests, die in diesem Wellenlängenbereich messen, gestört werden.

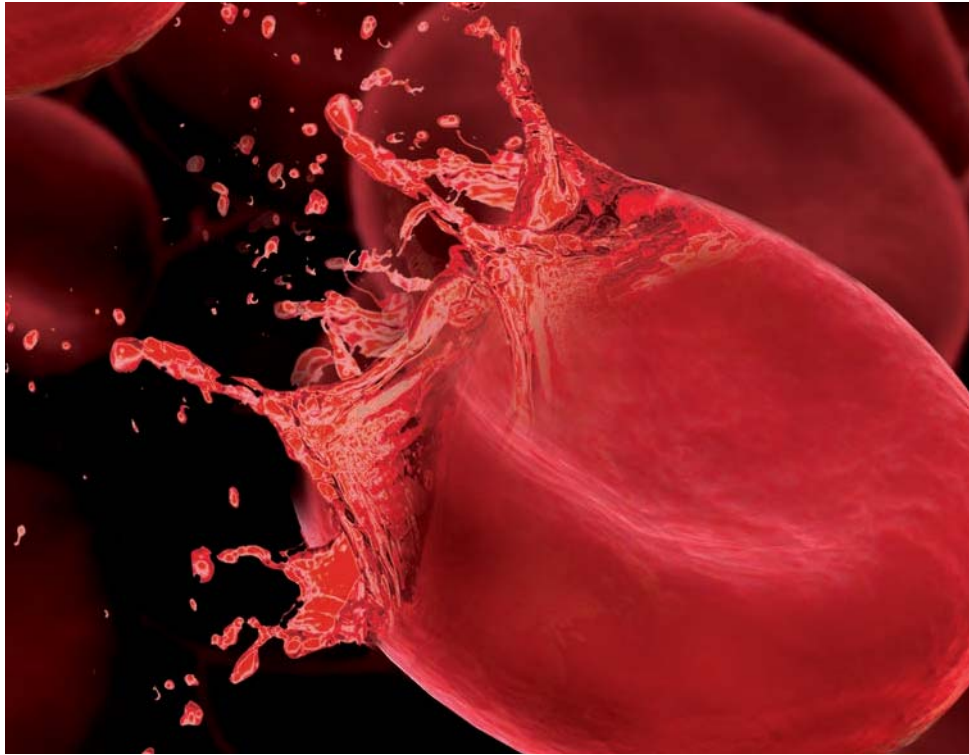
Darüber hinaus können die antioxidativen Eigenschaften von Bilirubin zu Interferenzen führen, da Bilirubin mit Wasserstoffperoxid reagiert. Wasserstoffperoxid ist ein Zwischenprodukt in mehreren Tests, wie Cholesterin-, Triglycerid-, Harnsäure- und enzymatischen Kreatininbestimmungen.^{1,2}

¹ CLSI PRE04, Handling, Transport, Processing, and Storage of Blood Specimens for Routine Laboratory Examinations, 2023

² Farrell CJ, Carter AC. Serum indices: managing assay interference. Ann Clin Biochem. 2016 Sep;53(Pt 5):527-38.

¹ CLSI PRE04, Handling, Transport, Processing, and Storage of Blood Specimens for Routine Laboratory Examinations, 2023

² Farrell CJ, Carter AC. Serum indices: managing assay interference. Ann Clin Biochem. 2016 Sep;53(Pt 5):527-38.



3

Hämolyse, Unterfüllung, Blutgerinnsel

Die drei häufigsten Folgen von präanalytischen Fehlern und deren Ursachen

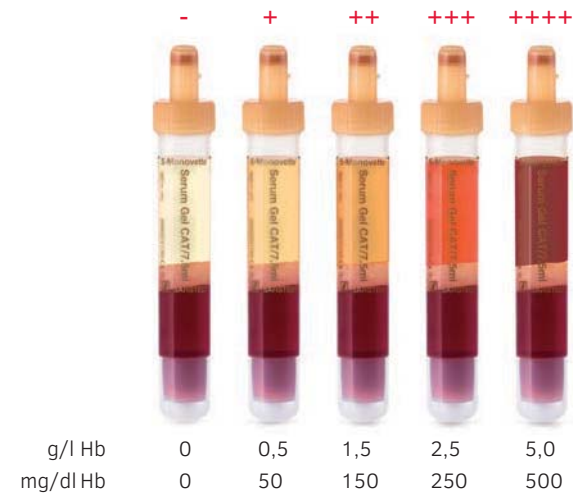
3.1 Hämolyse

Hämolyse bezeichnet die Lyse (Zerstörung) der Erythrozytenmembranen, die zur Freisetzung von Hämoglobin (Hb), Kalium (K^+), Lactatdehydrogenase (LDH) oder Aminotransferasen (ALT, AST) und anderen Komponenten in das extrazelluläre Kompartiment (Blutprobe oder Blutgefäße) führt.

Die Hämolyse kann pathologisch bedingt innerhalb des Körpers (*in vivo*) oder meist mechanisch verursacht innerhalb der Blutprobe (*in vitro*) auftreten. Eine Vielzahl von präanalytischen Einflüssen, von der Entnahme, der Handhabung (z. B. Schütteln der Probe) über den Transport bis zur Lagerung der Blutproben, ist mit dem Risiko einer *In-vitro*-Hämolyse assoziiert.

3.1.1 Nachweis der Hämolyse

Die typische Rotfärbung des Serums oder Plasmas einer Blutprobe durch Hämolyse wird durch das ausgetretene Hämoglobin verursacht. Sie ist ab einer Hämoglobinkonzentration von 0,2–0,3 g/l (20–30 mg/dl) mit dem bloßen Auge sichtbar.^{1,2} Dies entspricht bei einem mittleren Hämoglobingehalt der Erythrozyten von 330 g/l (Normwert MCHC: 300–360 g/l)³ und einem Hämatokrit-Wert von 50 % ca. 0,1–0,2 % der gesamten Erythrozyten in der Probe.



Exemplarische Hämolyse-Stadien und deren Rotfärbung des Serums

Da die visuelle Prüfung auf der subjektiven Beurteilung der Probe beruht, ist sie sehr fehleranfällig. Heutzutage erfolgt die Detektion der Hämolyse meist automatisch durch Analysegeräte, die die Hämoglobinkonzentration in der Probe durch Messung der Absorption bei verschiedenen Wellenlängen ermitteln, um so den Hämolyse-Index (HI) zu berechnen.

¹ CLSI C56, Hemolysis, Icterus, and Lipemia/Turbidity Indices as Indicators of Interference in Clinical Laboratory Analysis, 2012

² Lippi G, Plebani M, Di Somma S, Cervellin G. Hemolyzed specimens: a major challenge for emergency departments and clinical laboratories. Crit Rev Clin Lab Sci. 2011 May-Jun;48(3):143-53.

³ Herklotz R, Lüthi U, Ottiger C, Huber AR. Referenzbereiche in der Hämatologie [Metaanalysis of reference values in hematology]. Ther Umsch. 2006 Jan;63(1):5-24. German.

WICHTIG

- Grundsätzlich ist eine sichtbare Rotverfärbung des Serums bzw. Plasmas ein Hinweis auf Hämolyse. Beachten Sie jedoch, dass das Fehlen einer solchen Verfärbung eine leichte Hämolyse nicht ausschließt.

3.1.2 Ursachen der *In-vivo*-Hämolyse

Krankheitsbedingt kann es zu einer Zerstörung von Erythrozyten **innerhalb des Körpers (*in vivo*)** kommen. Die Ursache einer sogenannten ***In-vivo***-Hämolyse kann erblich oder erworben sein, z. B.:¹

- Hämoglobinopathien, wie Sichelzellenanämie oder Thalassämie
- Erbliche Defekte in der Membransynthese oder dem Zellmetabolismus von Erythrozyten
- Immunkrankheiten, wie z. B. systemischer Lupus erythematoses (SLE), chronische lymphatische Leukämie
- Autoimmunhämolytische Anämie (AIHA)
- Infektionskrankheiten wie z. B. Malaria
- Mechanische Beschädigung aufgrund von z. B. disseminierter intravasaler Gerinnung (DIC), hämolytisch-urämischem Syndrom (HUS), thrombotisch-thrombozytopenischer Purpura (TTP)
- Drogen und Toxine
- Bluttransfusion von nicht kompatibler Blutgruppe

3.1.3 Ursachen der *In-vitro*-Hämolyse

Die Ursachen für eine ***In-vitro***-Hämolyse sind immer auf Fehler oder Probleme bei der Präanalytik zurückzuführen und sind daher in den meisten Fällen vermeidbar.

3.1.3.1 Häufige Ursachen bei der Blutentnahme¹

- Verlängerter oder zu starker Venenstau
- Physikalische Scherkräfte durch zu dünne oder verbogene Kanüle
- Traumatische Venenpunktion (Stochern)
- Blutentnahme an Katheter mit Vakuumtechnik oder hohem Unterdruck²⁻⁷
- Infusionslösungen
- Unzureichender oder problematischer Blutfluss aufgrund einer kollabierten Vene oder durch den Umstand, dass die Kanülenöffnung an der Veneninnenwand liegt
- Zu hohe Geschwindigkeit der Entnahme aus der Vene

3.1.3.2 Häufige Ursachen nach der Blutentnahme¹

- Zu starkes Mischen oder sogar Schütteln
- Zu starke mechanische Belastung beim Transport, z. B. durch Rohrpost, Kurierfahrzeug
- Probe zu alt (mit dem Alter der Probe wächst das Hämolyse-Risiko)
- Zu starkes Kühlen oder Erwärmen sowie Einfrieren der Erythrozyten

¹ Lippi G, Plebani M, Di Somma S, Cervellin G. Hemolyzed specimens: a major challenge for emergency departments and clinical laboratories. Crit Rev Clin Lab Sci. 2011 May-Jun;48(3):143-53.

¹ Lippi G, Plebani M, Di Somma S, Cervellin G. Hemolyzed specimens: a major challenge for emergency departments and clinical laboratories. Crit Rev Clin Lab Sci. 2011 May-Jun;48(3):143-53.

² Lippi G, Avanzini P, Cervellin G. Prevention of hemolysis in blood samples collected from intravenous catheters. Clin Biochem. 2013 May;46(7-8):561-4.

³ Grant MS. The effect of blood drawing techniques and equipment on the hemolysis of ED laboratory blood samples. J Emerg Nurs. 2003 Apr;29(2):116-21.

⁴ Halm MA, Gleaves M. Obtaining blood samples from peripheral intravenous catheters: best practice? Am J Crit Care. 2009 Sep;18(5):474-8.

⁵ Wollowitz A, Bijur PE, Esses D, John Gallagher E. Use of butterfly needles to draw blood is independently associated with marked reduction in hemolysis compared to intravenous catheter. Acad Emerg Med. 2013 Nov;20(11):1151-5.

⁶ Heyer NJ, Derzon JH, Wings L, Shaw C, Mass D, Snyder SR, Epner P, Nichols JH, Gayken JA, Ernst D, Liebow EB. Effectiveness of practices to reduce blood sample hemolysis in EDs: a laboratory medicine best practices systematic review and meta-analysis. Clin Biochem. 2012 Sep;45(13-14):1012-32.

⁷ Straszewski SM, Sanchez L, McGillicuddy D, Boyd K, Dufresne J, Joyce N, Wolfe R, Lee AW, Fisher J, Mottley JL. Use of separate venipunctures for IV access and laboratory studies decreases hemolysis rates. Intern Emerg Med. 2011 Aug;6(4):357-9. Straszewski SM, Sanchez L, McGillicuddy D, Boyd K, Dufresne J, Joyce N, Wolfe R, Lee AW, Fisher J, Mottley JL. Use of separate venipunctures for IV access and laboratory studies decreases hemolysis rates. Intern Emerg Med. 2011 Aug;6(4):357-9.

3.1.4 Unterschied zwischen *In-vivo*- und *In-vitro*-Hämolyse

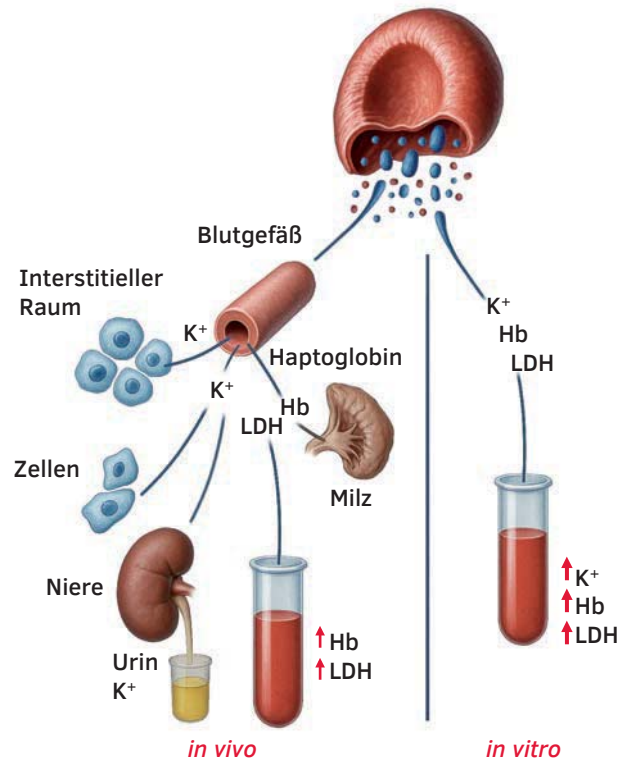


Abbildung entlehnt nach Blank et al. 1985¹

Bei der *In-vivo*-Hämolyse wird der Inhalt der Erythrozyten über das gesamte Gefäßsystem verteilt. Kalium (K⁺) diffundiert in die Zellen und in den interstitiellen Raum oder wird über die Nieren ausgeschieden. Ein Teil des Hämoglobins (Hb) wird durch Haptoglobin komplexiert und durch das retikuloendotheliale System abgebaut. Trotzdem kann die Hämoglobinkonzentration so stark ansteigen, dass sie Analysen stören kann. Allein die Lactatdehydrogenase (LDH), die zu groß ist, um in die interstitielle Flüssigkeit zu diffundieren oder durch die Niere ausgeschieden zu werden, steigt im Blut an.^{1,2} Im Gegensatz dazu werden bei der *In-vitro*-Hämolyse z. B. K⁺, LDH und Hb innerhalb der Blutprobe freigesetzt, wodurch sich die Konzentration dieser Analyten in Serum- oder Plasmaproben erhöht. So erhöht sich der Kaliumwert bei einem Hämolyse-Index von 100 (entspricht je nach Analysegerät in etwa 1,0 g/l bzw. 100 mg/dl Hb) beispielsweise laut Dimeski et al. (2005) um 0,29–0,53 mmol/l und laut Jeffery et al. (2009) um 0,78–1,03 mmol/l für Erwachsene und 0,94–1,21 mmol/l für Neugeborene.^{3,4}

¹ Blank DW, Kroll MH, Ruddel ME, Elin RJ. Hemoglobin interference from in vivo hemolysis. Clin Chem. 1985 Sep;31(9):1566-9. PMID: 4028407.

² CLSI C56, Hemolysis, Icterus, and Lipemia/Turbidity Indices as Indicators of Interference in Clinical Laboratory Analysis, 2012
³ Dimeski G, Clague AE, Hickman PE. Correction and reporting of potassium results in haemolysed samples. Ann Clin Biochem. 2005 Mar;42(Pt 2):119-23.

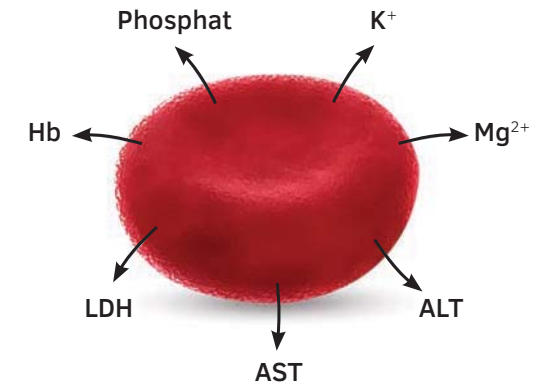
⁴ Jeffery J, Sharma A, Ayling RM. Detection of haemolysis and reporting of potassium results in samples from neonates. Ann Clin Biochem. 2009 May;46(Pt 3):222-5.

3.1.5 Störungen durch Hämolyse

Im Folgenden sind einige Mechanismen der Hämolyse, durch die diagnostische Tests gestört werden können, aufgeführt. Diese können abhängig vom Test in unterschiedlichem Ausmaß vorkommen und kombiniert auftreten:^{1,2,3}

Erhöhung der Analytenkonzentration

- Die Freisetzung von Analyten, die in hohen Konzentrationen in den Erythrozyten vorkommen, führt zu einer Erhöhung dieser Analyten im Serum und Plasma und somit zur Fehlmessung.
- Kalium, LDH, AST, Magnesium und Phosphat weisen den größten Unterschied innerhalb der Erythrozyten und dem Serum bzw. Plasma auf und zeigen bereits bei niedrigen Hämolyse-Werten signifikante Störungen.



Spektrophotometrische Interferenz

- Die Absorption des Hämoglobins innerhalb der Spektralbereiche von 340 bis 440 nm (Peak bei 420) und 540 bis 580 nm kann zu falschen Messsignalen führen.
- Beispielsweise können Lipase, Albumin und Gamma-Glutamyltransferase (GGT) überschätzt, während andere, wie die alkalische Phosphatase (ALP), unterschätzt werden, wenn Hämoglobin in alkalischem Medium abgebaut wird.

Chemische oder enzymatische Interferenz

- Die Freisetzung des Zellinhalts der Erythrozyten kann abhängig vom Test unterschiedliche Auswirkungen auf Testreagenzien haben.
- So sind z. B. chemische Reaktionen des Häms (Peroxidaseaktivität) oder seines Eisens (Redox-Reaktion) mit Reagenzienkomponenten möglich.
- Ebenso kann die Adenylatkinase (AK) die Bestimmung von Creatinkinase (CK) stören und zu erhöhten Messwerten führen oder das Hämoglobin kann durch Bindung an Haptoglobin mit dessen Bestimmung interferieren.
- Des Weiteren sind auch Hemmungen von PCR-basierten Assays für virale und bakterielle DNA und RNA durch Hämoglobin möglich.

Verdünnungseffekt

- Die Konzentration einiger Analyten, wie z. B. Natrium, Chlorid und Glucose, ist in den Erythrozyten niedriger als im Serum bzw. Plasma.
- Bei einer starken *In-vitro*-Hämolyse führt daher die Freisetzung der intrazellulären Flüssigkeit aus den Erythrozyten zu einer Verdünnung dieser Analyten in der Probe.

¹ CLSI C56, Hemolysis, Icterus, and Lipemia/Turbidity Indices as Indicators of Interference in Clinical Laboratory Analysis, 2012

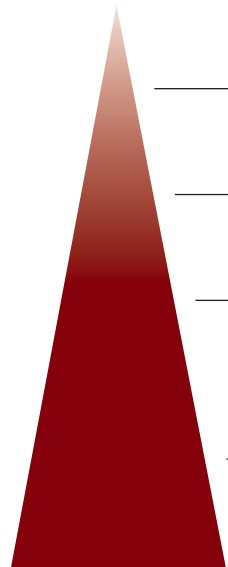
² CLSI PRE04, Handling, Transport, Processing, and Storage of Blood Specimens for Routine Laboratory Examinations, 2023

³ Marques-Garcia F. Methods for Hemolysis Interference Study in Laboratory Medicine – A Critical Review. EIJFCC. 2020 Mar 20;31(1):85-97.

3.1.6 Klinische Relevanz

Die klinische Relevanz der Hämolyse hängt von der medizinischen Fragestellung, der Stärke der Beeinträchtigung und der Aussagekraft der jeweiligen Analyten ab. Abhängig hiervon können für den Befund Melde- und Grenzwerte für die jeweiligen Analyte festgelegt werden, die den Arzt auf eine Hämolyse hinweisen oder zu einer kommentierten Sperrung des entsprechenden Analyten im Befund führen.

Eine gängige Einteilung der Hämolyse und beeinflusster Parameter nach Lippi et al. 2011 ist im Folgenden dargestellt:¹



Keine Hämolyse	< 0,05 g/l Hb	gelbes Plasma bzw. Serum
Leichte Hämolyse i. d. R. keine klinisch relevante Auswirkung	0,05–0,3 g/l Hb	gelb bis leichte Rotfärbung
Milde Hämolyse K ⁺ , LDH, Aminotransferasen (ALT, AST)	0,3–0,6 g/l Hb	sichtbare leichte Rotfärbung
Moderate Hämolyse zusätzlich Troponin, β-HCG, CK, PT, aPTT, D-Dimer (abhängig von der Methode)	0,6–2,0 g/l Hb	leichte bis Rotfärbung
Starke Hämolyse alle Analyte	> 2,0 g/l Hb	dunkelrote bzw. braune Färbung

Exemplarische Beeinträchtigung von Analyten abhängig von der Stärke der Hämolyse. Modifizierte Abbildung nach: Lippi et al. 2011

- Durch Hämolyse werden Analysenergebnisse 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.^{2,3,4}

¹ Lippi G, Plebani M, Di Somma S, Cervellin G. Hemolyzed specimens: a major challenge for emergency departments and clinical laboratories. Crit Rev Clin Lab Sci. 2011 May-Jun;48(3):143-53.

² Bahl A, Johnson S, Alsbrooks K, Mares A, Gala S, Hoerauf K. Defining difficult intravenous access (DIVA): A systematic review. J Vasc Access. 2021 Nov 17;11297298211059648.

³ Cadamuro J, Wiedemann H, Mrazek C, Felder TK, Oberkofler H, Fiedler GM, Haschke-Becher E. The economic burden of hemolysis. Clin Chem Lab Med. 2015 Oct;53(11):e285-8.

⁴ Ong ME, Chan YH, Lim CS. Reducing blood sample hemolysis at a tertiary hospital emergency department. Am J Med. 2009 Nov;122(11):1054.e1-6.

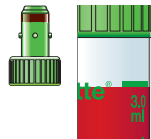
3.2 Unterfüllung

Eine Unterfüllung des Entnahmeröhrchens kann zu Messfehlern führen und sollte daher stets vermieden werden.

Ursachen für eine Unterfüllung sind:

- Zu frühes Beenden der Blutentnahme und Abtrennen des Entnahmeröhrchens von der Kanüle
- Stopp des Blutflusses während der Entnahme, da Vene kollabiert ist, Kanülenöffnung an Venenwand liegt oder durch die Vene gestochen worden ist
- Totvolumen im Schlauch der Flügelkanüle (z. B. Safety-Multifly®-Kanüle), da kein Leerröhrchen zur Befüllung des Schlauchs verwendet wurde

3.2.1 Konsequenzen einer Unterfüllung

Version	Wichtige Hinweise zum Füllvolumen
 Citrat	Citrat bindet Calcium (Faktor IV) und verhindert dadurch die Gerinnung. Für die Gerinnungsmessung wird dieser Effekt im Analysegerät aufgehoben, indem der Plasmaprobe eine exakt definierte Menge Calcium zugesetzt wird, um die ursprünglichen Bedingungen vor der Antikoagulation wiederherzustellen. Ist das Citratröhrchen jedoch nicht korrekt befüllt, steigt die Citratkonzentration im Verhältnis zum Plasmavolumen an. In diesem Fall reicht die zugesetzte Calciummenge nicht aus, um das Citrat zu neutralisieren, was abhängig vom Test zu klinisch relevanten Messabweichungen führen kann.
 EDTA	Die EDTA-Konzentration von S-Monovetten beträgt 1,6 mg/ml*. Die ISO 6710 schreibt eine EDTA-Konzentration von 1,2–2,0 mg/ml vor. Dieser Konzentrationsbereich wird nur eingehalten, wenn das Füllvolumen mehr als 80 % beträgt!

* Endkonzentration bei korrekt befüllten S-Monovetten bis zum Füllstrich!

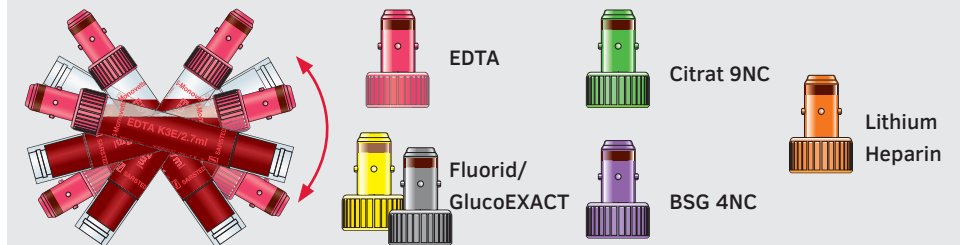
Version	Wichtige Hinweise zum Füllvolumen	
	BSG	Eine exakte Befüllung sowie direktes und sorgfältiges Schwenken über Kopf sind für eine korrekte Analytik erforderlich, damit DIN 58925-1 eingehalten wird.
	Fluorid	Nennvolumen muss eingehalten werden , da sonst die erhöhte Fluoridkonzentration zur Hämolyse führt!
	GlucoEXACT	Nennvolumen muss eingehalten werden , da das Mischungsverhältnis aufgrund der Flüssigpräparation das Analysenergebnis beeinflusst!
	Serum Serum Gel	Bei Serumproben werden die Analysenergebnisse durch eine Unterfüllung nicht direkt beeinflusst. Allerdings kann eine extreme Unterfüllung zur Hämolyse führen. Des Weiteren sollte das Volumen ausreichend für alle angeforderten Analysen sein, damit diese vollständig durchgeführt werden können.
	Lithium Heparin Lithium Heparin Gel Lithium Heparin Gel⁺	Herstellerunabhängig kann eine Unterfüllung von Lithium Heparin Blutentnahmeröhrchen, besonders bei großvolumigen Röhrchen, zu Veränderungen in den Analysenergebnissen, v. a. von Heparin-sensitiven Tests, führen (z. B. bei der Albuminmethode mit Bromcresolpurpur [BCP]). Die Veränderung hängt hierbei vom Grad der Unterfüllung, der Menge an Heparin im Röhrchen (abhängig von der Variante der S-Monovette®: 16–35 IE/ml*) und davon ob und wie hoch der Patient heparinisiert ist, ab.

* Endkonzentration bei korrekt befüllten S-Monovetten bis zum Füllstrich!

3.3 Blutgerinnsel in antikoagulierten Proben

Gerinnsel oder Mikrogerinnsel bilden sich in antikoagulierten Blutproben (z. B. Heparin, EDTA, Citrat etc.), wenn die Blutprobe nicht direkt nach der Blutentnahme sorgfältig über Kopf geschwenkt und somit das Antikoagulans in der Probe gleichmäßig verteilt wurde.

S-Monovetten unmittelbar nach der Blutentnahme sorgfältig über Kopf schwenken!



WICHTIG

- Antikoagulanzen wie Heparin, EDTA und Citrat, hemmen die Gerinnung, kehren den Prozess der Gerinnung jedoch nicht um. Einmal gebildete Gerinnsel werden nicht von ihnen aufgelöst. Daher müssen Antikoagulanzen direkt durch Über-Kopf-Schwenken in der Blutprobe verteilt werden!

In den folgenden Kapiteln wird Ihnen erklärt, wie Sie einen Großteil der präanalytischen Fehler und deren Ursachen vermeiden und wie Sie mit präanalytischen Problemen umgehen können, um eine möglichst hohe Probenqualität für Ihre Analysen zu erhalten.



4

Die venöse Blutentnahme

Venöses Blut ist das wichtigste Untersuchungsmaterial zur Beantwortung medizinischer Fragestellungen. Die richtige Blutentnahmetechnik ist somit von besonderer Bedeutung.

4.1 Vorbereitung des Patienten

Informieren Sie die Patienten vorab über Sinn und Zweck der venösen Blutentnahme als diagnostische Maßnahme, um Ängste zu entkräften und Stress entgegenzuwirken.

Erklärungen über einzuhaltende Vorschriften sollten die Patienteninformation idealerweise ergänzen, wie zum Beispiel zu folgenden Themen:

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

Die Vorbereitung der venösen Blutentnahme bei Kindern, älteren und kranken Menschen erfordert ein besonders behutsames Vorgehen. Dabei sollten Sie darauf achten, die Informationen dem jeweiligen Begriffsvermögen oder körperlichen Beeinträchtigungen der Sinnesorgane, wie Sehbehinderung und Schwerhörigkeit, anzupassen.

4.2 Welche Verantwortung trägt die blutabnehmende Person?

- Fachgerechte Organisation der Blutentnahme
- Richtige Dokumentation (Patientenidentifizierung und Tageszeit)
- Belehrung und Vorbereitung des Patienten für die Blutentnahme
- Aufbereitung der Probe (ggf. Zentrifugation)
- Lagerung bis zur Abholung (z. B. gekühlt, lichtgeschützt etc.)

WICHTIG

- Eine klare und eindeutige Abstimmung und Kommunikation mit dem Labor und bei Bedarf mit dem Transportdienst ist entscheidend, um einen korrekten Transport und eine sachgerechte Lagerung der Proben sicherzustellen.

Mehr Informationen über *Transport und Lagerung* finden Sie im gleichnamigen Kapitel.

4.3 Eindeutige Identifizierung von Blutproben

Für die eindeutige Identifizierung von Blutproben sind folgende Punkte wichtig:

- **Patientendaten:** vollständiger Name, Geburtsdatum oder eindeutige Patienten-ID, um die Probe korrekt einer Person zuordnen zu können
- **Anfordernder Arzt:** Name oder Kennung des anfordernden Arztes sowie ggf. der blutentnehmenden Person
- **Zeitpunkt der Blutabnahme:** Datum und Uhrzeit der Entnahme
- **Probenkennzeichnung:** Barcode, Aufkleber oder handschriftliche Beschriftung auf dem Röhrchen, der/die eindeutig mit Patient und Abnahmezeit verknüpft ist
- **Dokumentation:** elektronische oder schriftliche Erfassung aller Metadaten, um Verwechslungen zu vermeiden und Rückverfolgbarkeit sicherzustellen

4.3.1 Identifikation des Patienten

Zu erfragende und zu dokumentierende Informationen zur eindeutigen **Patientenidentifikation** sind:

- Name und Vorname
- Geburtsdatum
- Evtl.: Aufnahme-Nummer, Station, Zimmer-Nummer

Verwechslungen geschehen nicht nur bei häufigen Namen.

Wichtig: Immer offene Fragen stellen, z. B.: „... und Sie sind?“

Nie: „Sind Sie Herr Müller?“

Letztere Frage könnte von einem schwerhörigen, tauben oder senilen Patienten mit einem erfreuten Kopfnicken bejaht werden. Die Person, die auf dem Bett sitzt, könnte auch ein Besucher oder anderer Patient sein.

Bei unklarer Identität des Patienten sollte die Blutentnahme nur unter Vorbehalt durchgeführt oder bis zur Klärung verschoben werden. Patientenarmbänder mit Barcode helfen, Patienten eindeutig zu identifizieren und Verwechslungen zu vermeiden.

4.3.2 Blutentnehmende Person und anfordernder Arzt

Für Rückfragen zu Art und Zeitpunkt der Entnahme, eventuellen Problemen bei der Probengewinnung oder zum Zustand des Patienten sollte auch die **Identität der entnehmenden Person** für jede Probe feststellbar sein.

Die **Identifikation des anfordernden Arztes** ermöglicht Rückfragen hinsichtlich:

- Unleserlichen oder falschen Anforderungen
- Eingrenzung auf wichtigste Analysen bei zu geringem Probenmaterial

4.3.3 Richtlinien und Empfehlungen für das Beschriften von Probengefäßen

Die Richtlinie der deutschen Bundesärztekammer zur Qualitätssicherung laboratoriumsmedizinischer Untersuchungen (RiliBÄK) schreibt allgemein eine eindeutige Zuordnung von Patient und Probe vor:

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

RiliBÄK, 2023, Teil A, § 6.1.7

Die europäische Arbeitsgruppe für Präanalytik EFLM WG-PRE empfiehlt zusammen mit den entsprechenden lateinamerikanischen Arbeitsgruppen Folgendes:

„Das Etikettieren von Röhrchen bzw. die Röhrchenidentifikation (bei vorbarcodierten Röhrchen) muss in Anwesenheit des Patienten erfolgen. Andernfalls besteht die Gefahr, dass das Röhrchen nicht etikettiert und möglicherweise falsch identifiziert wird. Die Entscheidung, ob Röhrchen vor oder nach der Blutentnahme etikettiert oder identifiziert werden sollen, sollte auf einer prospektiven Risikoanalyse des venösen Blutentnahmeprozesses in jeder Einrichtung beruhen.“

Übersetzt aus Simundic et al., Joint EFLM-COLABIOCLI Recommendation for venous blood sampling. Clin Chem Lab Med. 2018 Nov 27;56(12):2015-2038. Step 4

Das Clinical and Laboratory Standards Institute schreibt zur Beschriftung und Etikettierung in seiner Richtlinie CLSI PRE04:

„Um qualitativ hochwertige Laborergebnisse zu erhalten und die Rückverfolgbarkeit der Proben sicherzustellen, ist es zwingend erforderlich, dass die Proben unmittelbar nach der Entnahme und noch im Beisein des Patienten korrekt beschriftet werden. Jede Röhre muss mindestens mit dem Vor- und Nachnamen des Patienten sowie einem eindeutigen patientenspezifischen Identifikator versehen sein. Das Etikett sollte zusätzliche Informationen enthalten, die die Probe mit dem Entnahmeereignis verknüpfen, wie z. B. die Probenkennung oder das Datum und die Uhrzeit der Entnahme.“

Übersetzt aus CLSI PRE04, 2023, Handling, Transport, Processing, and Storage of Blood Specimens for Routine Laboratory Examinations, 3.3.1 Specimen Identification

WICHTIG

- Analysieren Sie Probengefäße ohne eindeutige Identifizierung nur in absoluten Notfällen oder nach Rücksprache mit dem Einsender sowie stets unter Vorbehalt und entsprechender Kommentierung auf dem Befund.

Generelle Empfehlungen für die Beschriftung:

- Nutzen Sie nach Möglichkeit Barcode-Etiketten zur sicheren und eindeutigen Identifizierung
- Beschriften oder etikettieren Sie ausschließlich jedes Primärgefäß einzeln – nicht den Transportbehälter bzw. Probenbeutel
- Verwenden Sie für Glas- und Kunststoffgefäße nur wasserfeste Filzstifte
- Der Farbcode der Probengefäße hilft Ihnen, die Zusätze (z. B. Gerinnungshemmer, Gerinnungsaktivator, Gel) eindeutig zu erkennen



Etikettieren Sie Probengefäße so, dass

- Sie freie Sicht auf den Inhalt haben
- Sie den Füllstand kontrollieren können
- Sie den Schraubverschluss ungehindert entfernen können
- Röhre und Etikett sich nicht in der Zentrifuge oder in der Laborautomation bzw. im Analysengerät verklemmen oder dort kleben bleiben



4.4 Farbcodierung von Blutentnahmeröhrchen

S-Monovetten-Typen und deren Standardanwendungen sowie die jeweilige Farbcodierung nach EU-Code und orientiert nach ISO 6710:2017

Bezeichnung S-Monovette®	EU-Code	Orientiert an ISO 6710:2017	Anwendungsbereich
Serum Z Serum CAT			Routinediagnostik in der klinischen Chemie und Immunologie
Serum Gel CAT			Routinediagnostik in der klinischen Chemie und Immunologie
Citrat 9NC			hämostaseologische Routineuntersuchungen
BSG 4NC			BSG-Bestimmung nach Westergren bzw. S-Sedivette®
Lithium Heparin LH			Plasmagewinnung für die Routinediagnostik in der klinischen Chemie und Immunologie
Lithium Heparin LH Gel Lithium Heparin LH Gel ⁺			Plasmagewinnung für die Routinediagnostik in der klinischen Chemie und Immunologie
EDTA K3E			Hämatologie (z. B. Hb, HK, Erythrozyten, Leukozyten)
Fluorid EDTA FE Fluorid Heparin FH			Glucosebestimmung
GlucoEXACT FC			Glucosebestimmung (96 Stunden stabil, bei RT)
Metallanalytik LH			Untersuchungen von Spurenelementen/Metallen mit der Ausnahme von Lithium

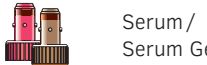
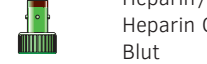
4.5 Entnahmereihenfolge

Die Notwendigkeit einer Entnahmereihenfolge führt bei Anwendern immer wieder zu Diskussionen. Jedoch kann im Falle einer Verschleppung von EDTA in ein Serum- oder Heparin-Röhrchen Kalium erhöht und Calcium erniedrigt sein.¹ Neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen zufolge ist die Verschleppung von chemischen Zusätzen bei sachgerechter Handhabung eines modernen und geschlossenen Blutentnahmesystems sehr unwahrscheinlich. Beispielsweise wurde bei der Entnahme mit der Safety-Kanüle und der S-Monovette® keine Verschleppung von EDTA nachgewiesen.² Dennoch wirkt laut EFLM WG-PRE die Verwendung einer Entnahmereihenfolge möglichen Fehlern bei der Blutentnahme entgegen.³

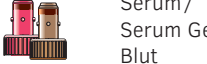
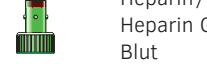
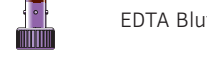
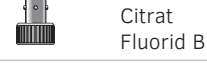
Daher empfehlen wir eine der folgenden Entnahmereihenfolgen einzuhalten. Maßgebend sind jedoch die Vorschriften Ihrer Einrichtung.

Empfohlene Entnahmereihenfolge

Nach Gurr⁴:

EU-Code	Orientiert an ISO 6710:2017	
—	—	Blutkultur
		Serum / Serum Gel Blut
		Citrat Blut
		Heparin / Heparin Gel Blut
		EDTA Blut
		Fluorid / Citrat Fluorid Blut

Nach CLSI⁵:

EU-Code	Orientiert an ISO 6710:2017	
—	—	Blutkultur
		Citrat Blut
		Serum / Serum Gel Blut
		Heparin / Heparin Gel Blut
		EDTA Blut
		Fluorid / Citrat Fluorid Blut

¹ Calam RR, Cooper MH. Recommended „order of draw“ for collecting blood specimens into additive-containing tubes. Clin Chem. 1982 Jun;28(6):1399.

² Sulaiman RA, Cornes MP, Whitehead SJ, Othonos N, Ford C, Gama R. Effect of order of draw of blood samples during phlebotomy on routine biochemistry results. J Clin Pathol. 2011 Nov;64(11):1019-20.

³ Cornes M, van Dongen-Lases et al.: Working Group for Preanalytical Phase (WG-PRE), European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM). Order of blood draw: Opinion Paper by the European Federation for Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM) Working Group for the Preanalytical Phase (WG-PRE). Clin Chem Lab Med. 2017 Jan 1;55(1):27-31. doi: 10.1515/cclm-2016-0426. PMID: 27444170.)

⁴ Gurr E, Arzideh F, Brandhorst G, Gröning A, Haeckel R, Hoff T, Roggenbuck L, Schumann G, Wolters B, Wosniok W. Musterstandard-arbeitsanweisung Präanalytik/Exemplary standard operation procedure pre-examination. LaboratoriumsMedizin. 2011;35(1): 55-60.

⁵ CLSI PRE02, Collection of Diagnostic Venous Blood Specimens, 2025

4.6 Vermeidung von Unterfüllung

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

Besonders zwingend erforderlich ist eine exakte Befüllung bei Citratröhrchen für die Gerinnungsanalytik. Eine **Unterfüllung verändert die Citratkonzentration** in der Blutprobe! Da Citrat Calcium (Faktor IV) bindet, haben Änderungen in der Citratkonzentration einen Einfluss auf die Analysenergebnisse. Wenn Sie die Blutentnahme mit einem Citrat-Probengefäß oder einem anderen Probengefäß mit Flüssigpräparierung (z. B. PFA, CTAD, CPDA, HCY-C oder GlucoEXACT) in Kombination mit einer Flügelkanüle (z. B. (Safety-)Multifly®-Kanüle) beginnen, sollten Sie zunächst ein Leergefäß (z. B. S-Monovette® Neutral Z) abnehmen. Auf diese Weise vermeiden Sie eine Unterfüllung des Probengefäßes durch das Befüllen des Schlauches der Flügelkanüle. Gleichzeitig stellen Sie sicher, dass das Probengefäß korrekt befüllt wird und ein exaktes Mischungsverhältnis von Flüssigkeit zu Blut gewährleistet ist. Das sogenannte Totvolumen einer Flügelkanüle hängt von deren Schlauchlänge ab. Für die (Safety-)Multifly®-Kanülen gelten folgende Totvolumina für die jeweiligen Schlauchlängen:

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

Beachten Sie bei der Blutentnahme stets die Füllmarke, um eine Unterfüllung zu vermeiden!





5

Durchführung der venösen Blutentnahme

Die Technik zur venösen Blutentnahme Schritt für Schritt für das richtige Vorgehen in der Praxis

5.1 Empfehlungen für Standardbedingungen vor und während der Blutentnahme

Um die in den vorherigen Kapiteln beschriebenen Einfluss- und Störfaktoren möglichst zu vermeiden, sollten Ihre Patienten und Sie folgende Punkte für die Blutentnahme beherzigen:

Ihre Patienten sollten:

- nur nach Rücksprache mit ihrem Arzt ihre Medikamente vor der Blutentnahme nehmen oder ggf. entsprechend pausieren
- ungewöhnliche oder extreme körperliche Aktivitäten in den drei Tagen vor der Blutentnahme vermeiden
- in den 24 Stunden vor der Blutentnahme auf übermäßigen Alkoholkonsum verzichten – am besten ganz
- eine Nahrungskarenz von 12 bis 14 Stunden vor der Blutentnahme einhalten (nüchtern sein); Wasser trinken ist erlaubt, jedoch sollte auf Kaffee verzichtet werden, da dieser die Cholesterinwerte erhöhen kann¹

Achten Sie vor der Blutentnahme darauf, dass:

- der Patient nach Möglichkeit 15 – 20 Minuten in der Position ruht, in der die Blutentnahme erfolgen soll^{2,3}
- sogenanntes „Pumpen“ (Öffnen und Schließen der Faust) vermieden wird, da dies den Kaliumwert im Serum/Plasma um bis zu 1,5 mmol/l erhöhen kann⁴
- Sie die Stauung auf maximal 1 Minute (optimal sind 30 Sekunden) begrenzen

5.2 Venöse Blutentnahme in 12 Schritten

1. Desinfizieren Sie Ihre Hände und ziehen Sie frische Einweghandschuhe an.
2. Legen Sie die Venenstaubinde an.
3. Vermeiden Sie nach Möglichkeit sogenanntes „Pumpen“ oder Ballen der Faust, um die Sichtbarkeit der Venen zu erhöhen.
4. Begutachten Sie die Venen und wählen Sie eine Vene für die Punktion aus.
5. Desinfizieren Sie die Punktionsstelle. **Tasten Sie die Punktionsstelle nach der Desinfektion nicht mehr ab.**
6. Achten Sie darauf, dass die Einstichstelle vollständig trocken ist.
7. Spannen Sie die Haut mit dem Daumen der freien Hand, um die Vene zu fixieren, ohne dabei die Punktionsstelle zu berühren.
8. Halten Sie die **Schliffseite** der Kanüle nach **oben**.
9. Punktieren Sie mit der Kanüle die Vene in einem Winkel von **unter 30°**. Warnen Sie den Patienten bei Bedarf vorher.
10. Lösen Sie die Stauung (max. 1 Minute) direkt bei sichtbar einsetzendem Blutfluss.
11. Entnehmen Sie die Proben in der empfohlenen Entnahmereihenfolge.
12. Schwenken Sie jedes abgenommene Röhrchen **sofort** und nach Abschluss der Blutentnahme nochmals alle Röhrchen.

¹ Higdon JV, Frei B. Coffee and health: a review of recent human research. Crit Rev Food Sci Nutr. 2006;46(2):101-23.

² Lippi G, Salvagno GL, Lima-Oliveira G, Brocco G, Danese E, Guidi GC. Postural change during venous blood collection is a major source of bias in clinical chemistry testing. Clin Chim Acta. 2015 Feb 2;440:164-8.

³ Lima-Oliveira G, Guidi GC, Salvagno GL, Danese E, Montagnana M, Lippi G. Patient posture for blood collection by venipuncture: recall for standardization after 28 years. Rev Bras Hematol Hemoter. 2017 Apr-Jun;39(2):127-132.

⁴ Don BR, Sebastian A, Cheitlin M, Christiansen M, Schambelan M. Pseudohyperkalemia caused by fist clenching during phlebotomy. N Engl J Med. 1990 May 3;322(18):1290-2.

5.3 Venenstauung und Punktionsstellen



Legen Sie die Venenstaubinde ca. eine Handbreit oberhalb der Punktionsstelle an.

Achten Sie darauf, dass der Puls weiterhin fühlbar ist (Staudruck: 50 – 100 mm Hg).

Überschreiten Sie die Stauzeit von 1 Minute nicht.

Bei Bedarf sollten Sie die Stauung für einen Moment und, wenn nötig, kurz vor der Punktion wieder anlegen.

Desinfizieren Sie die Punktionsstelle nach gültigem Hygieneplan.

Tasten Sie die Punktionsstelle nach der Desinfektion nicht mehr ab.

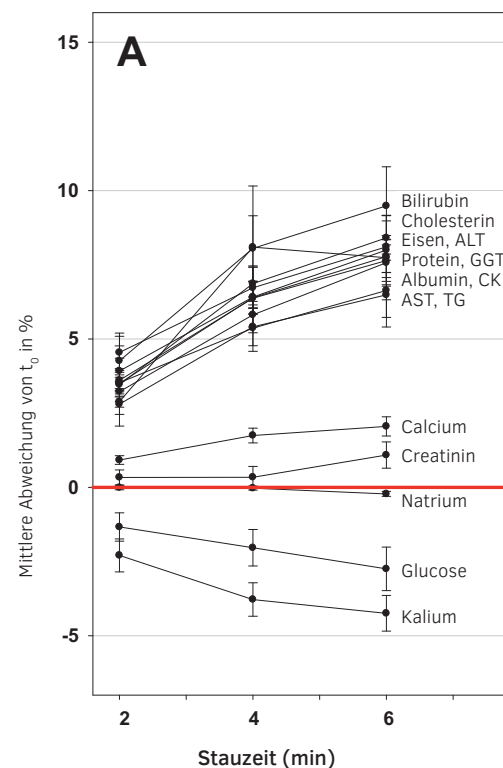


Mögliche Punktionsstellen

- 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

5.3.1 Stauzeit und Ballen der Faust

Vergleich: 2 Minuten zu 6 Minuten Stauung¹



Eine Stauung länger als 1 Minute kann zu Konzentrationsverschiebungen der Blutbestandteile in der Vene und somit zu falschen Messergebnissen führen.

Durch das Stauen erhöht sich der Filtrationsdruck in den Kapillaren. Hierdurch können kleinere Substanzen, wie z. B. Kalium und Wasser, leichter durch die Kapillarmembran in den interstitiellen Raum gelangen. Als Folge erniedrigt sich ihre Konzentration in der Vene. Große Moleküle, wie Proteine und Lipoproteine, an Proteine gebunden Substanzen, wie z. B. Calcium, Eisen, Magnesium, sowie Blutzellen (Erythrozyten, Leukozyten, Thrombozyten) können die Kapillarwand nicht durchdringen und zeigen eine entsprechende Konzentrationserhöhung (Hemokonzentration).

Das Ballen der Faust – auch ein Zeichen von Nervosität, Verwirrung, Ärger oder Angst – sollte bei der Venenpunktion vermieden werden. Durch Ballen der Faust oder beim sogenannten „Pumpen“ (wiederholtes Ballen der Faust) wird Kalium aus den Muskeln im Unterarm freigesetzt und kann in die Venen gelangen. Folglich kann das Faustballen für weniger als 1 Minute zu einem Kaliumanstieg von bis zu 1,5 mmol/l führen.²

¹ Lichtinghagen et al.: Einfluss der Stauzeit auf normalisierte Laborwerte; J Lab Med 2013; 37(3): 131–37

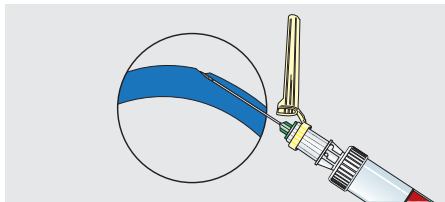
² Don et al.: Pseudohyperkalemia caused by fist clenching at phlebotomy. New Engl. J. Med. 1990; 322: 1290–1292.

5.4 Maßnahmen bei Problemen vor oder während der Blutentnahme

5.4.1 Schlechte Venenverhältnisse

- Suchen Sie eine andere Punktionsstelle.
- Legen Sie ein Wärmekissen oder ein warmes Tuch auf die Punktionsstelle, um die Venen besser sichtbar zu machen.
- Verwenden Sie eine Safety-Multifly®-Kanüle.
- Führen Sie die Blutentnahme mit der Aspirationstechnik durch.

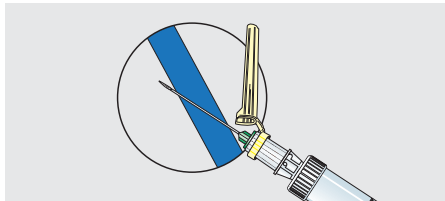
5.4.2 Stopp des Blutflusses während der Entnahme



Kanülenöffnung liegt an Venenwand an

Lösung:

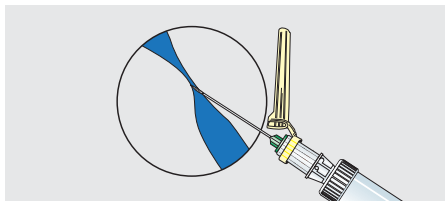
Ziehen Sie die Kanüle leicht zurück, bis der Blutfluss wieder einsetzt.



Kanüle hat Vene durchstoßen

Lösung:

Ziehen Sie die Kanüle leicht zurück, bis der Blutfluss wiederhergestellt ist.



Vene ist kollabiert

Lösung:

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

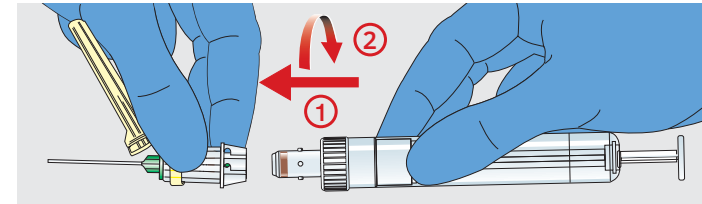
Alle drei Lösungen sind nur mit der Aspirationstechnik möglich. Bei der Vakuumtechnik oder bei Verwendung von Vakuumröhrchen muss meist ein neues Blutentnahmeröhrchen verwendet werden.

5.4.3 Hämolyse durch falsche Verwendung der Kanüle

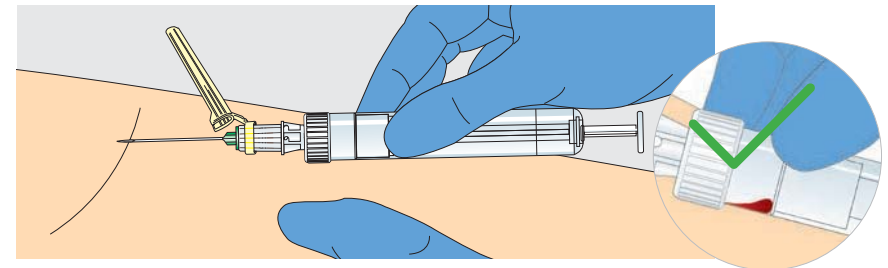
- Ein „Verbiegen“ der Kanüle verringert den Durchmesser der Kanüle und kann zur Hämolyse führen. Bei der Safety-Kanüle der S-Monovette® ist dies nicht erforderlich, da der Einstichwinkel standardmäßig sehr flach ist.
- Ebenso kann eine zu dünne Kanüle zur Hämolyse führen.

5.5 Aspirations- und Vakuumtechnik

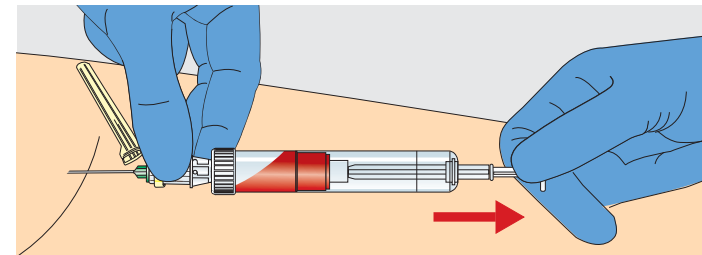
5.5.1 S-Monovette® Aspirationstechnik



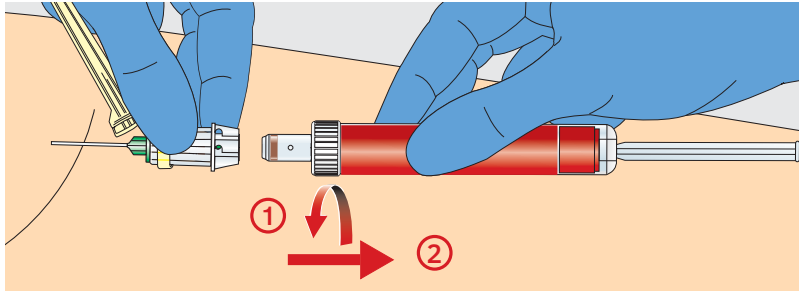
- **WICHTIG:** Arretieren Sie die Safety-Kanüle an der S-Monovette® erst unmittelbar vor der Punktion durch leichtes Drehen im Uhrzeigersinn.



- Spannen Sie die Haut mit dem Daumen der freien Hand, um die Vene zu fixieren. Warnen Sie den Patienten ggf. vor und punktieren Sie die Vene in einem **Winkel von unter 30°** mit der **Schliffseite** der Kanüle **nach oben**. Sie erkennen, dass die Vene erfolgreich punktiert wurde, daran, dass ein erster Blut tropfen in der S-Monovette® sichtbar wird.

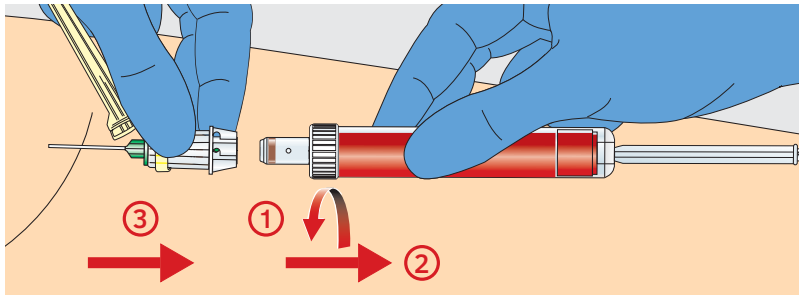


- Lösen Sie direkt die Stauung und ziehen Sie die Kolbenstange mit dem Blutfluss langsam und gleichmäßig bis zum Anschlag zurück. Warten Sie, bis der Blutfluss stoppt, bevor Sie die S-Monovette® lösen.

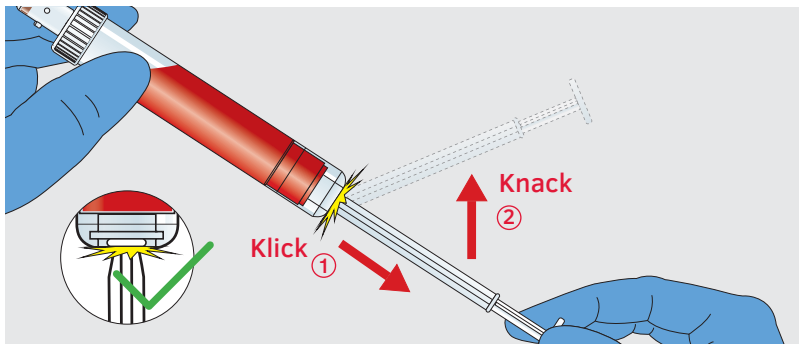


- > Ist die S-Monovette® vollständig gefüllt, lösen Sie diese durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn und **schwenken Sie sie direkt mehrmals**.
- > Bei einer Mehrfachentnahme lassen Sie die Safety-Kanüle in der Vene und befestigen die nächste S-Monovette® an der Kanüle.

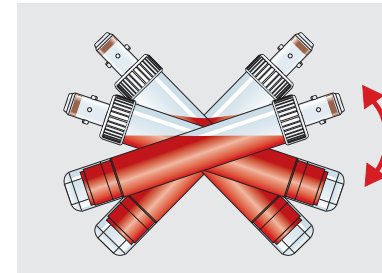
Beendigung der Blutentnahme



- > Lösen Sie zuerst die S-Monovette®, bevor Sie die Safety-Kanüle aus der Vene ziehen.



- > Ziehen Sie zum Einrasten des Kolbens in den S-Monovetten-Boden die Kolbenstange zuerst vollständig zurück und brechen Sie erst dann die Kolbenstange ab.



- > Schwenken Sie **nach Beendigung der kompletten Blutentnahme** alle S-Monovetten sorgfältig über Kopf.

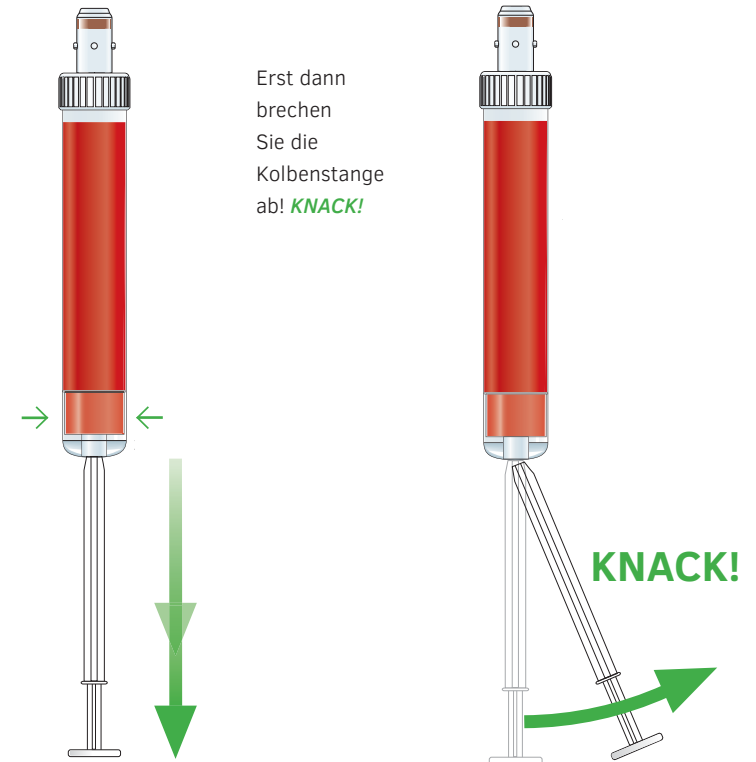
WICHTIG

- > **Erst KLICK, dann KNACK!** Ziehen Sie nach der Blutentnahme die Kolbenstange vollständig zurück, so dass der Kolben in den S-Monovetten-Boden **hörbar einrastet**, und brechen Sie erst dann die Kolbenstange ab.

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

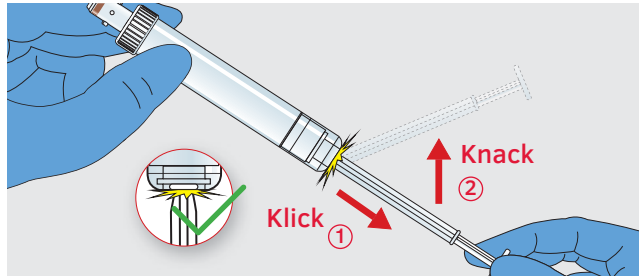
Erst dann brechen Sie die Kolbenstange ab! **KNACK!**

Kolben bis ganz nach hinten ziehen

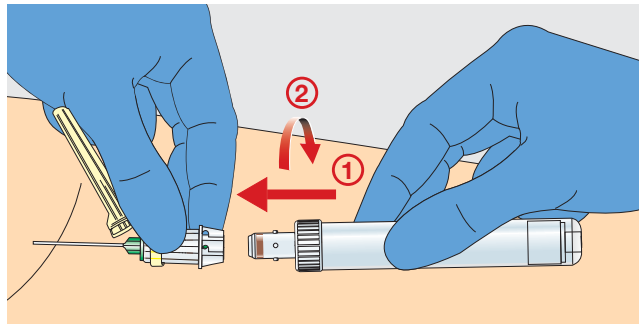


5.5.2 S-Monovette® Vakuumtechnik

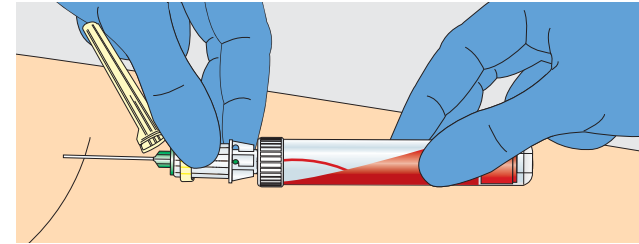
- Prinzipiell empfehlen wir, die erste S-Monovette® mit der Aspirationstechnik abzunehmen, um so die Blutentnahme schonend zu beginnen.



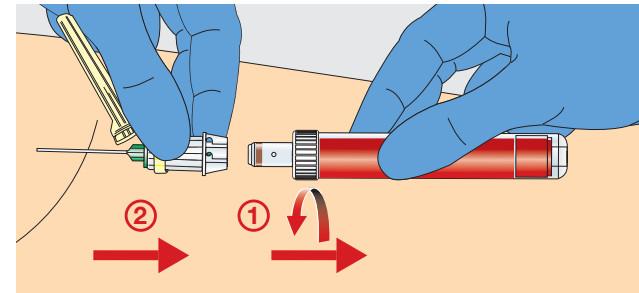
- Ziehen Sie zur Evakuierung der S-Monovette® die Kolbenstange zurück, bis der Kolben im S-Monovettenboden hörbar einrastet („Klick“). Brechen Sie anschließend die Kolbenstange ab („Knack“).



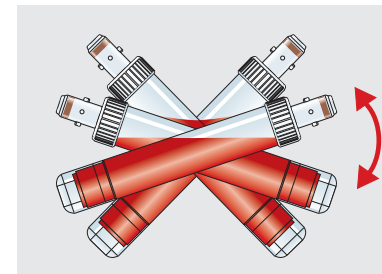
- Punktieren Sie die Vene zunächst nur mit der Safety-Kanüle und **arretieren Sie die evakuierte S-Monovette® erst danach** durch Drehen im Uhrzeigersinn in der Safety-Kanüle.



- Wenn Sie die Vene korrekt punktiert haben, füllt sich die S-Monovette® mit Blut. Gegen Ende wird der Blutfluss langsamer. Warten Sie daher, **bis der Blutfluss vollständig stoppt**, bevor Sie die S-Monovette® von der Safety-Kanüle lösen.



- Ist die S-Monovette® vollständig gefüllt, lösen Sie diese durch Drehen gegen den Uhrzeigersinn und **schwenken Sie sie direkt mehrmals**.
- Bei einer Mehrfachentnahme lassen Sie die Safety-Kanüle in der Vene und befestigen die nächste S-Monovette® an der Kanüle.



- Schwenken Sie **nach Beendigung der kompletten Blutentnahme** alle S-Monovetten sorgfältig über Kopf.

5.6 Veränderung der Blutproben durch Infusionen

Grundsätzlich sollte keine Blutentnahme aus einem Arm erfolgen, an dem eine Infusion anliegt, da dies zur Verdünnung oder Kontamination der Probe führt. Je nach Art der Infusionslösung besteht dieses Risiko noch Minuten oder sogar Stunden danach.

So können intravenös verabreichte Lipidemulsionen die Lipidparameter über einen längeren Zeitraum beeinflussen oder sogar zu Fehlmessungen führen. Beispielsweise können Chylomikronen und VLDLs als milchiger Schlier auf der Plasma- bzw. Serumoberfläche schwimmen, ohne dass eine Trübung der Probe sichtbar ist. Werden diese durch die oberflächennahe Pipettierung des Analysegeräts angesaugt, kommt es zu Falschmessungen von verschiedenen Analyten.^{1,2,3,4}

5.7 Blutentnahme an peripheren Venenkathetern

Die Blutentnahme an peripheren Venenkathetern (PVK) ist vor allem in Notaufnahmen gängige Praxis, trotz des Risikos einer Hämolyse und Kontamination durch Block- oder Infusionslösungen sowie Medikamente durch unzureichendes Spülen des PVKs vor der Blutentnahme. Gründe für dieses Vorgehen sind das bessere Patientenwohl durch weniger Punktionen, Kostensenkung durch geringeren Materialverbrauch und die Zeiteinsparung, da keine neuen Punktionsstellen gesucht werden müssen.^{5,6,7}



Mehrere Studien zeigen, dass bei korrekter Handhabung und Einhaltung bewährter Verfahren („Best Practices“) das Risiko von Kontaminationen weitgehend vermieden und das von Hämolyse auf ein Minimum reduziert werden kann – insbesondere wenn anstelle der Blutentnahme mittels Vakuum eine schonendere Aspirationsmethode verwendet wird, wie sie bei der Blutentnahme mit der S-Monovette® möglich ist.^{5,6,7}

- ¹ Fernández Prendes C, Castro Castro MJ, Sánchez Navarro L, Rapún Mas L, Morales Indiano C, Arrobas Velilla T. Handling of lipemic samples in the clinical laboratory. *Adv Lab Med*. 2023 Feb 20;4(1):5-27.
- ² Grunbaum AM, Gilfix BM, Hoffman RS, Lavergne V, Morris M, Miller-Nesbitt A, Gosselin S. Review of the effect of intravenous lipid emulsion on laboratory analyses. *Clin Toxicol (Phila)*. 2016;54(2):92-102.
- ³ Nikolac N. Lipemia: causes, interference mechanisms, detection and management. *Biochem Med (Zagreb)*. 2014 Feb 15;24(1):57-67.
- ⁴ Mainali S, Davis SR, Krasowski MD. Frequency and causes of lipemia interference of clinical chemistry laboratory tests. *Pract Lab Med*. 2017 Feb 3;8:1-9.
- ⁵ Lippi G, Avanzini P, Cervellini G. Prevention of hemolysis in blood samples collected from intravenous catheters. *Clin Biochem*. 2013 May;46(7-8):561-4. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2013.01.021. Epub 2013 Feb 4.
- ⁶ Lesser FD, Lanham DA, Davis D. Blood sampled from existing peripheral IV cannulae yields results equivalent to venepuncture: a systematic review. *JRSM Open*. 2020 May 6;11(5):2054270419894817.
- ⁷ Ben Shabat I, Ben Shabat MH, Ben Abraham S, Sagy I, Tsaban G, Cohen-Lahav M, Goldinger G, Peled M, Bartal C. Reliability of blood tests taken from the peripheral intravenous catheter. *Medicine (Baltimore)*. 2022 Jul 15;101(28):e29268.

Folgende Empfehlungen bei der Blutentnahme an peripheren Kathetern sollten Sie befolgen, um verlässliche Blutwerte zu erhalten:

- Spülen Sie den PVK vor der Blutentnahme gemäß geltenden Richtlinien und internen Vorgaben.
- Falls der PVK mit heparinhaltiger Lösung geblockt wurde, sollten Sie ihn vor der Blutentnahme für Gerinnungsanalysen mit einer Kochsalzlösung spülen.¹
- Verwenden Sie bei der Blutentnahme eine schonende Aspirationsmethode und PVKs mit möglichst großem Innendurchmesser (18G oder 20G), um eine Hämolyse zu vermeiden.^{2,3,4}
- Teilen Sie dem Labor mit, dass die Entnahme an einem PVK erfolgt ist, falls es zu möglichen Interpretationsschwierigkeiten oder unplausiblen Analyseergebnissen kommen sollte.
- Achten Sie beim Therapeutischen Drug Monitoring (TDM) besonders darauf, dass die Probe nicht durch Reste von Medikamenten kontaminiert wird.

5.7.1 Hämolyse-Risikofaktor: peripherer Venenkatheter

Bei der Blutentnahme an Kathetern ist die Vakuumtechnik aufgrund der hohen Strömungsgeschwindigkeiten des Blutes nicht empfehlenswert. Hieraus resultiert ein hohes Hämolyse-Risiko.⁵⁻⁹

Mit der Aspirationstechnik ist ein schonendes, langsames Befüllen der S-Monovette® möglich. Dadurch wird das Risiko einer Hämolyse deutlich verringert.²

5.7.2 Multi-Adapter – die direkte Verbindung

Die S-Monovette® kann mithilfe des Multi-Adapters direkt an Luer-Verbindungen, z. B. eines Katheters oder Dreiweghahns, konnektiert werden. Somit können Sie das Risiko von Hämolyse, Kreuzkontamination und Gerinnselfbildung durch Einmalspritzen vermeiden.



- ¹ Spannagl M, Moessmer G. Global tests of haemostasis. *Hamostaseologie*. 2006 Jan;26(1):27-37. German.
- ² Lippi G, Avanzini P, Cervellini G. Prevention of hemolysis in blood samples collected from intravenous catheters. *Clin Biochem*. 2013 May;46(7-8):561-4. doi: 10.1016/j.clinbiochem.2013.01.021. Epub 2013 Feb 4.
- ³ Lesser FD, Lanham DA, Davis D. Blood sampled from existing peripheral IV cannulae yields results equivalent to venepuncture: a systematic review. *JRSM Open*. 2020 May 6;11(5):2054270419894817.
- ⁴ Ben Shabat I, Ben Shabat MH, Ben Abraham S, Sagy I, Tsaban G, Cohen-Lahav M, Goldinger G, Peled M, Bartal C. Reliability of blood tests taken from the peripheral intravenous catheter. *Medicine (Baltimore)*. 2022 Jul 15;101(28):e29268.
- ⁵ Grant MS. The effect of blood drawing techniques and equipment on the hemolysis of ED laboratory blood samples. *J Emerg Nurs*. 2003 Apr;29(2):116-21.
- ⁶ Halm MA, Gleave M. Obtaining blood samples from peripheral intravenous catheters: best practice? *Am J Crit Care*. 2009 Sep;18(5):474-8.
- ⁷ Wollowitz A, Bijur PE, Esses D, John Gallagher E. Use of butterfly needles to draw blood is independently associated with marked reduction in hemolysis compared to intravenous catheter. *Acad Emerg Med*. 2013 Nov;20(11):1151-5.
- ⁸ Heyer NJ, Derzon JH, Wings L, Shaw C, Mass D, Snyder SR, Epner P, Nichols JH, Gayken JA, Ernst D, Liebow EB. Effectiveness of practices to reduce blood sample hemolysis in EDs: a laboratory medicine best practices systematic review and meta-analysis. *Clin Biochem*. 2012 Sep;45(13-14):1012-32.
- ⁹ Straszewski SM, Sanchez L, McGillicuddy D, Boyd K, Dufresne J, Joyce N, Wolfe R, Lee AW, Fisher J, Mottley JL. Use of separate venipunctures for IV access and laboratory studies decreases hemolysis rates. *Intern Emerg Med*. 2011 Aug;6(4):357-9.

5.8 Blutkulturdiagnostik

Blutkulturen dienen dem Erregernachweis vor Beginn einer Antibiotikatherapie, vor allem bei einer Sepsis (umgangssprachlich: Blutvergiftung). Die berichtete Sterblichkeit (Letalität) der Sepsis liegt international zwischen 15 % und 59 %.¹

Gemäß internationalen und nationalen Richtlinien beinhaltet die initiale Therapie einer Sepsis die Gabe eines Breitspektrumantibiotikums innerhalb einer Stunde nach Diagnose. Vor der Antibiotikagabe sollte die Abnahme von mindestens zwei Blutkulturen zur Bestimmung des Erregers und der Resistenzprofile erfolgen, um in der folgenden Behandlung eine gezielte Antibiotikatherapie zu ermöglichen.

5.8.1 Blutentnahme für die Blutkulturdiagnostik

Die Blutentnahme sollte idealerweise zu Beginn eines Fieberschubs aus einer peripheren Vene erfolgen. Eine Probenentnahme über venöse Zugänge, wie etwa periphere Venenkatheter, ist aufgrund des erhöhten Kontaminationsrisikos nicht empfehlenswert. Die Qualität und damit die diagnostische Aussagekraft von Blutkulturen hängt maßgeblich von der Vermeidung von Kontaminationen, kurzen Transportzeiten, geeigneten Lagerbedingungen sowie der vollständigen Weitergabe relevanter klinischer Informationen ab.²

Folgende Informationen sollten dem Labor mitgeteilt werden:²

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

5.8.2 Hygienische Anforderungen

Falsch positive Blutkulturen sind in der Regel auf mangelhafte Hygienemaßnahmen zurückzuführen und ziehen ggf. verlängerte Krankenhausaufenthalte, unnötige antimikrobielle Therapien, zusätzliche Diagnostik und erhebliche Zusatzkosten nach sich.¹

Die Blutentnahme mit Blutkulturflaschen muss gemäß den Vorgaben des Herstellers und unter Berücksichtigung der jeweils geltenden hygienischen Richtlinien erfolgen.²

Zur Vermeidung von Kontaminationen sind folgende Schritte erforderlich:

1. Desinfizieren Sie Ihre Hände gründlich nach geltenden Hygierichtlinien.
2. Ziehen Sie Einmalhandschuhe an.
3. Desinfizieren Sie die Punktionsstelle:
 - a. Tragen Sie das Desinfektionsmittel auf.
 - b. Tragen Sie das Desinfektionsmittel ein zweites Mal auf und lassen Sie es trocknen.

WICHTIG

- > Berühren Sie die Punktionsstelle nach der Desinfektion nicht mehr!

4. Desinfizieren Sie die Blutkulturflaschen:
 - a. Entfernen Sie die Schutzkappen.
 - b. Desinfizieren Sie das Gummiseptum.

¹ Bauer M, Groesdonk HV, Preissing F, Dickmann P, Vogelmann T, Gerlach H. Mortality in sepsis and septic shock in Germany. Results of a systematic review and meta-analysis. *Anaesthesist*. 2021 Aug;70(8):673-680. German.

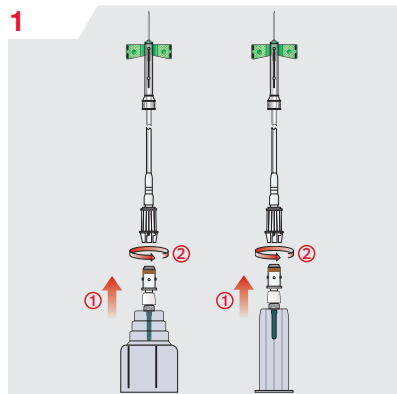
² CLSI M47, Principles and Procedures for Blood Cultures, 2022

¹ Dempsey C, Skoglund E, Muldrew KL, Garey KW. Economic health care costs of blood culture contamination: A systematic review. *Am J Infect Control*. 2019 Aug;47(8):963-967.

² CLSI M47, Principles and Procedures for Blood Cultures, 2022

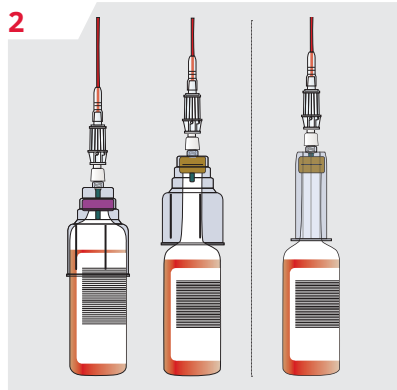
5.8.3 Handhabung der Blutentnahme

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

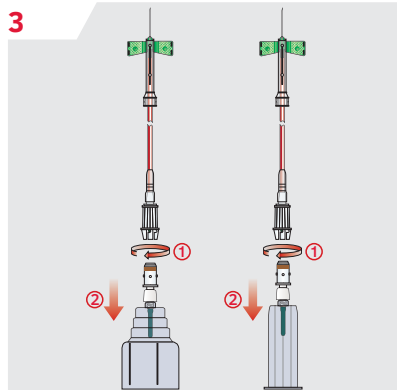


Führen Sie die Blutkulturflasche in aufrechter/senkrechter Position in den Halter ein. Das Kulturmedium der Flasche darf nicht mit dem Verschluss der Blutkulturflasche in Kontakt kommen.

Durch das vorgelegte Vakuum in der Blutkulturflasche füllt sich die Flasche selbstständig.

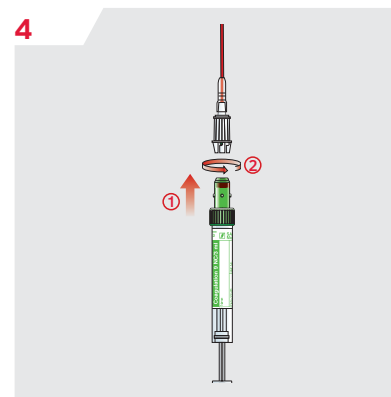
Achtung: Füllvolumen beachten.

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 Weise 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.

5.8.4 Probenvolumen und Anzahl der Flaschen

Das Blutvolumen sollte während der Entnahme mithilfe 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 Blutfüllvolumens während der Entnahme.

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

Achtung:

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

Daher sollten Sie stets die Herstellerangaben beachten.



6

Die Blutentnahme in der Pädiatrie

Die besonderen Bedürfnisse von Kindern und Neugeborenen stellen an das Personal und das Blutentnahmesystem hohe Ansprüche.

Die Pädiatrie befasst sich mit der medizinischen Versorgung von Kindern und Jugendlichen. Bei der Blutentnahme sind altersabhängige Besonderheiten wie kleinere Gefäße, geringeres Blutvolumen und die kindgerechte Durchführung zu beachten. Ein wichtiger Schwerpunkt der Pädiatrie ist die Neonatologie, die sich mit der medizinischen Versorgung von Neugeborenen und Frühgeborenen befasst. Blutentnahmen erfordern hier besondere Sorgfalt, da nur sehr geringe Blutmengen entnommen werden können und die Patienten oft intensivmedizinisch betreut werden.

All diese Besonderheiten in der Pädiatrie stellen hohe Ansprüche an das Personal und das Blutentnahmesystem.

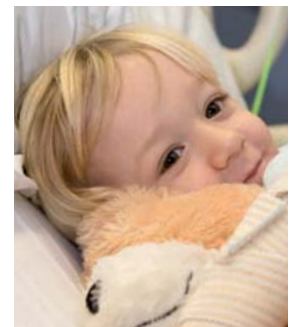
WICHTIG

- 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.

Die Erhebung der Anamnese bei Kindern erfolgt altersabhängig. Bei Neugeborenen und Säuglingen über die Eltern bzw. Bezugsperson oder Erziehungsberechtigte (Fremdanamnese). Ab dem Kindergartenalter kann das Kind zunehmend einbezogen werden. Hierbei ist es wichtig, mit offenen Fragen zu beginnen und das Kind altersgerecht mit einzubeziehen. Ab dem Schulalter sollte auch immer das Kind direkt befragt werden.

Ebenso sollten die Bedingungen vor und während der Blutentnahme möglichst kindgerecht gewählt werden, um im Vorfeld möglichen Widerständen des Kindes entgegenzuwirken:

- 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
- Berücksichtigung des Schamgefühls bereits im Kleinkindalter

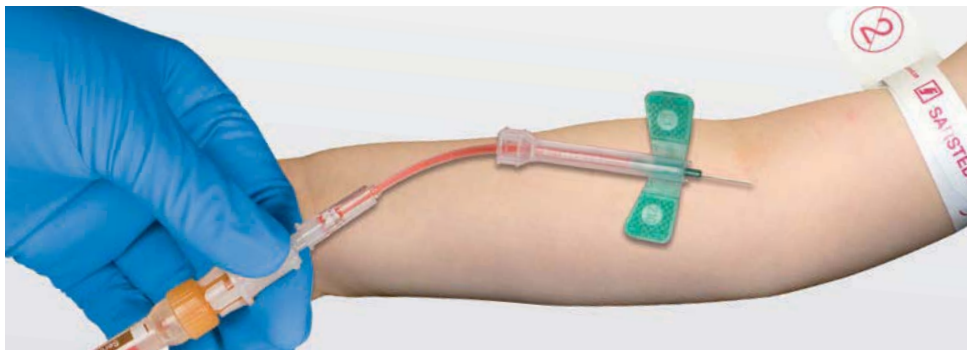


6.1 Besonderheiten bei der Blutentnahme

Altersabhängig stellt die Blutentnahme das medizinische Personal vor besondere Herausforderungen, wie Venenverhältnisse und Gesamtblutvolumen des Kindes.

Das Gesamtblutvolumen eines gesunden Neugeborenen beträgt ca. 300 ml. Ein Frühgeborenes von 1.000 g hat ein Gesamtblutvolumen 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. Dementsprechend sollte die Entnahmetechnik unter Berücksichtigung der jeweiligen Analysen gewählt werden. Bei der Blutentnahme in der Pädiatrie kommen regelmäßig die venöse Blutentnahme mit kleinvolumigen Probengefäßen wie auch die kapillare Blutentnahme (s. nächstes Kapitel) zum Einsatz.

Die Wahl des geeigneten Probengefäßes und Blutentnahmematerials spielt eine entscheidende Rolle für die Qualität der Präanalytik.



6.2 Die venöse Blutentnahme

Für die venöse Blutentnahme kann man sich zwischen der geschlossenen venösen Blutentnahme und der Abtropftechnik entscheiden. Als Entnahmestellen eignen sich altersabhängig neben Ellenbeuge und Handrücken vor allem auch der Fußrückenplexus sowie die Kopfhaut-, Unterarm- und Unterschenkelvenen (V. saphena magna und parva).

6.2.1 Geschlossene venöse Blutentnahme

Durch die Möglichkeit der schonenden Blutentnahme mittels Aspirationstechnik (s. Kapitel Durchführung der venösen Blutentnahme) stellen die S-Monovette® Pädiatrie und die 1,6-ml-S-Monovetten mit „Zwischenboden“ (Citrat 1,8 ml) in Kombination mit der kurzen Safety-Multifly®-Kanüle eine optimale Lösung für schwierige Venenverhältnisse und kleine Probenvolumen in der Pädiatrie dar. Des Weiteren können mit den 1,6-ml-S-Monovetten (Citrat 1,8 ml) kleine Volumen ohne manuelle Laborschritte auch vollautomatisch analysiert werden. Im Zusammenspiel mit modernen Analysesystemen, die nur noch wenige Mikroliter pro Test benötigen, sind schnelle und umfangreiche Analysen möglich.



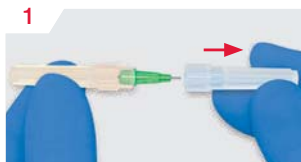
6.2.2 Abtropf-Blutentnahme

Die Micro-Kanüle in Kombination mit den präparierten Micro-Probengefäßen vereinfacht die venöse Blutentnahme z. B. aus dem Handrücken oder der Kopfvene.

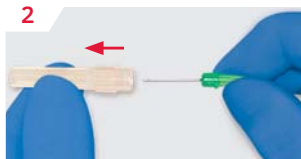
Die unhandliche Handhabung mit Luer-Kanülen entfällt.



Handhabung der Micro-Kanüle



Schutzkappe abziehen.



Micro-Kanüle aus der Schutzhülle entnehmen.



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



Micro-Kanüle in eine geeignete Entsorgungsbox geben.

6.3 Physiologische Besonderheiten bei Kindern

Je nach Alter des Kindes können sich die Konzentrationen von Analyten von denen Erwachsener erheblich unterscheiden. Aus diesem Grund ist es wichtig, die Analysenergebnisse immer in Zusammenhang mit den altersgerechten Referenz-/Normbereichen zu beurteilen.^{1,2} Exemplarisch sind die sich hieraus ergebenden Konsequenzen für die Analyse anhand der Hämostase und des Hämatokritwerts bei Kindern aufgeführt.

WICHTIG

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

6.3.1 Hämostase bei Kindern

Das hämostatische System ist bereits im Alter von 3 bis 6 Monaten vollständig ausgereift. Jedoch sorgen altersbedingte Veränderungen der hämostatischen Komponenten für zusätzliche Komplexität, da sich die Konzentration, die Eigenschaften und die Interaktionen der gerinnungsfördernden und -hemmenden Faktoren vom Säuglings- bis zum Erwachsenenalter im Rahmen der Entwicklung kontinuierlich verändern (Entwicklungshämostase).^{3,4} So sind z. B. die Level der Vitamin-K-abhängigen Faktoren (Faktoren II, VII, IX und X, Protein C und Protein S) und Antithrombin bei Neugeborenen im Vergleich zu denen von Erwachsenen deutlich reduziert. Während Antithrombin nach ca. 3 Monaten die Werte von Erwachsenen und der Faktor IX seine endgültige Wirkung nach etwa 9–12 Monaten erreicht, ist dies bei Protein C erst im Alter von 13 bis 14 Jahren der Fall.⁵

6.3.2 Hämatokrit bei Neugeborenen

Generell ist der Hämatokrit bei Neugeborenen höher als bei Erwachsenen, während er bei Säuglingen und Kleinkindern im Vergleich zu Erwachsenen erniedrigt ist. Ab ca. 6 Jahren steigt der Hämatokritwert von Kindern allmählich bis zum Erwachsenenalter wieder an.

Diese physiologische Besonderheit hat auch direkte Auswirkungen auf die Plasmaausbeute für die Analyse. Vor allem bei Neugeborenen muss die geringere Plasmaausbeute berücksichtigt werden und ausreichend Blut für die erforderlichen Analysen abgenommen werden.

¹ Zierk et al., Next-generation reference intervals for pediatric hematology. Clin Chem Lab Med. 2019 Sep 25;57(10):1595-1607.

² Kohse K. National and international initiatives and approaches for the establishment of reference intervals in pediatric laboratory medicine. LaboratoriumsMedizin. 2015;39(4): 197-212.

³ Di Felice G, Vidali M, Parisi G, Pezzi S, Di Pede A, Deidda G, D'Agostini M, Carletti M, Ceccarelli S, Porzio O. Reference Intervals for Coagulation Parameters in Developmental Hemostasis from Infancy to Adolescence. Diagnostics (Basel). 2022 Oct 20;12(10):2552.

⁴ Achey MA, Nag UP, Robinson VL, Reed CR, Arepally GM, Levy JH, Tracy ET. The Developing Balance of Thrombosis and Hemorrhage in Pediatric Surgery: Clinical Implications of Age-Related Changes in Hemostasis. Clin Appl Thromb Hemost. 2020 Jan-Dec;26

⁵ Gorio C, Molinari AC, Martini T, Ferretti A, Albrici G, Carracchia G, Ierardi A, Leotta M, Portesi N, Sacco M, Strangio A, Mancuso ME, Santoro RC; AICE (Associazione Italiana Centri Emofilia). Hemostasis Laboratory Diagnostics in Newborns. J Clin Med. 2025 Jul 17;14(14):5068.



7

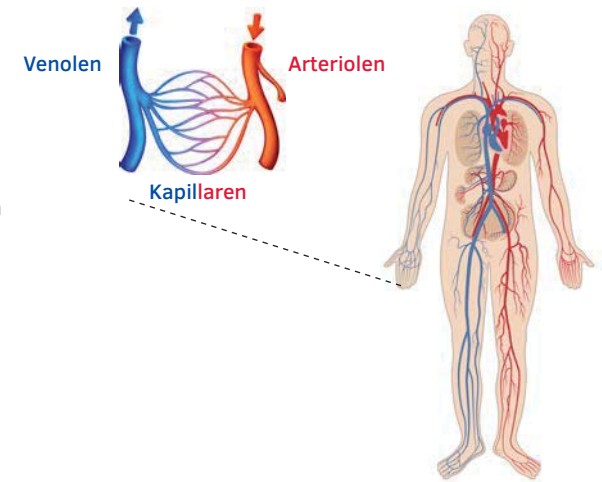
Kapillare Blutentnahme

Die schonende Probengewinnung für eine Diagnostik mit geringen Blutvolumen vor allem in der Pädiatrie, Geriatrie und für POCT

Was ist Kapillarblut?

Kapillarblut ist eine Mischung aus Blut der Arteriolen (kleine Arterien), Venolen (kleine Venen) und Kapillaren sowie Gewebsflüssigkeit.

Kapillaren sind neben Arterien und Venen die dritte Gefäßart im Blutkreislauf. Diese feinen, verzweigten Blutgefäße verbinden Arterien und Venen miteinander und ermöglichen den Austausch von Stoffen zwischen Blut und Gewebe.



WICHTIG

- Aufgrund seiner Zusammensetzung aus Blut und Gewebsflüssigkeit ist Kapillarblut für Gerinnungsanalysen ungeeignet. Deshalb gibt es keine mit Citrat präparierten Kapillarblutprodukte.

Unterschied zwischen venösem und kapillarem Blut

Da Kapillarblut eine Mischung aus Blut und Gewebsflüssigkeit ist, können sich die Analytenkonzentrationen von denen im venösen Blut unterscheiden. Deshalb kann Kapillarblut nur für bestimmte Tests anstelle von venösem Blut verwendet werden.¹ Je mehr Gewebsflüssigkeit enthalten ist, desto stärker weichen die Werte vom venösen Blut ab. Aus diesem Grund sollte der erste Blutstropfen, der besonders viel Gewebsflüssigkeit enthält, immer verworfen werden.

WICHTIG

- Kapillarblut sollte nur für Tests und Geräte verwendet werden, für die es zugelassen ist. Dabei müssen stets die passenden Referenzwerte berücksichtigt werden.

¹ CLSI GP42, Collection of Capillary Blood Specimens, 2020.

7 Anwendungsbereiche der Kapillarblutentnahme

Die kapillare Blutentnahme ist eine schonende und weniger invasive Methode als die venöse Blutentnahme. Sie kommt dann zum Einsatz, wenn nur kleine Blutmengen für die Diagnostik benötigt werden oder nur geringe Mengen an Blut entnommen werden können, wie z. B. bei Säuglingen und Kindern oder bei schwierigen Venenverhältnissen oder fragilen Venen. Daher ist Sie im Bereich der Pädiatrie, Geriatrie und Onkologie sowie für Point-of-Care-Tests (POCT) eine gute Alternative zur venösen Blutentnahme.

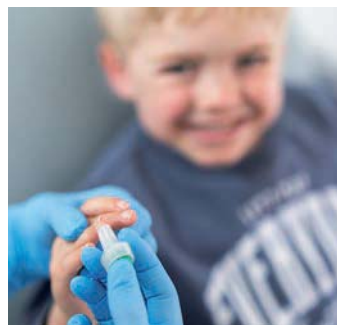
Prinzipiell ist die Kapillarblutentnahme weniger schmerzhaft und auch besser für Patienten mit Angst vor Nadeln geeignet.

Typische Einsatzgebiete sind die Bestimmung von Blutzucker, Elektrolyten, Hämoglobin oder bestimmten Medikamentenspiegeln sowie die Blutgasanalyse.

7.1 Durchführung einer Kapillarblutentnahme

Die Kapillarblutentnahme bei Kindern, älteren oder kranken Menschen erfordert ein besonders behutsames Vorgehen. Dabei ist es wichtig, die Informationen an das Verständnis der Person sowie an mögliche körperliche Einschränkungen, wie Seh- oder Hörbeeinträchtigungen, anzupassen. So können Ängste reduziert und der Ablauf kann für alle Beteiligten angenehmer gestaltet werden.

Im Folgenden werden die wesentlichen Schritte sowie wichtige Hinweise zur Durchführung der Kapillarblutentnahme erläutert.



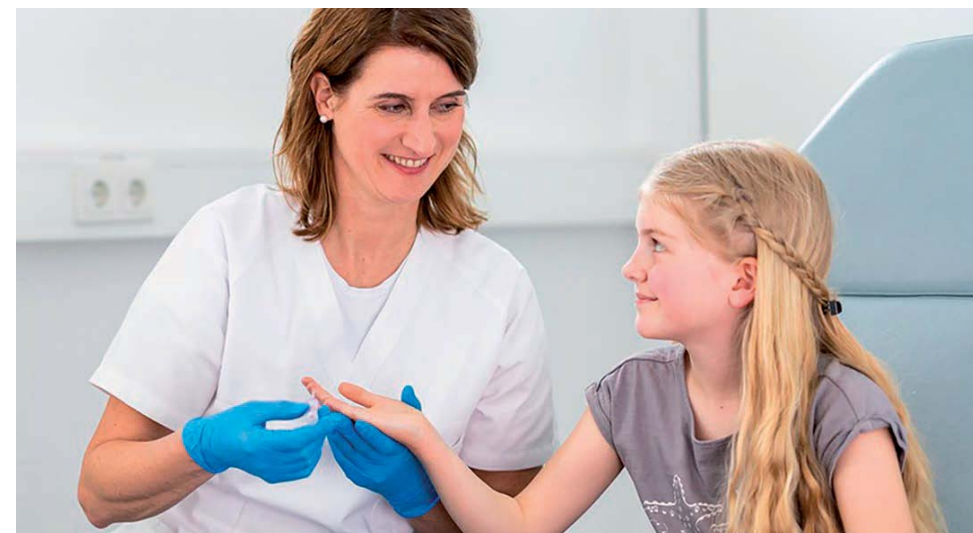
Ausschlusskriterien im Hinblick auf die Kapillarblutentnahme

- Benötigte Menge an Blut ist mehr als 1 ml (z. B. Blutkultur)
- Gerinnungsanalysen
- Entzündungen und Durchblutungsstörungen im Punktionsbereich
- Zentralisierte Patienten, z. B. Schockzustand

7.1.1 Vorbereitung der Blutentnahme

Eine sorgfältige Vorbereitung ist entscheidend, um eine erfolgreiche und zuverlässige Blutentnahme zu gewährleisten. Dabei sind einige wichtige Schritte zu beachten, die den Ablauf erleichtern und die Probenqualität sichern:

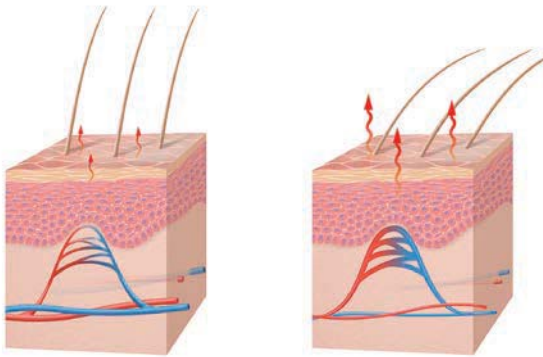
- Identifizierung des Patienten (Details s. Kapitel 4)
- Informieren Sie den Patienten über den Zweck der Abnahme und das Verfahren
- Materialien bereitstellen:
 - Tupfer
 - Einweglanzette bzw. Sicherheitslanzette
 - Benötigte Probengefäße, wie Microvette®, Blutgaskapillare, Bilirubinkapillare etc.
 - Eventuell Pflaster
- Handschuhe tragen!
- Punktionsstelle auswählen, ggf. Durchblutung der Einstichstelle durch Erwärmung fördern



7.1.2 Erwärmung der Punktionsstelle

Die Erwärmung der Punktionsstelle ist ein wichtiger Schritt, der die Blutentnahme deutlich erleichtert. Durch die Erwärmung der Punktionsstelle erhöhen Sie den Blutfluss bis um das Siebenfache und vereinfachen somit die Probengewinnung durch einen besseren Blutfluss.^{1,2} Gleichzeitig fördern Sie die Arterialisierung des Kapillarblutes. Hierdurch erreichen Sie eine bessere Vergleichbarkeit der Blutwerte mit denen aus dem arteriellem Blut u. a. auch für Blutgasanalysen mit Ausnahme von pO_2 (s. Kapitel Blutgas).³⁻⁶

Bei Erwachsenen kann das Ohrläppchen mit einer hyperämisierenden Salbe eingerieben werden, um die Durchblutung zu steigern. Bei Kindern sollten solche Salben jedoch vermieden werden. Für kleine Kinder und Säuglinge eignet sich stattdessen die Erwärmung von Hand oder Fuß durch warme Wickel, Gel-Packs oder fließendes warmes Wasser.



Kalte Punktionsstelle

Erwärmte Punktionsstelle

WICHTIG

- Das Wasser oder Gel-Pack sollte auf 39–40 °C erwärmt sein und in keinem Fall 42 °C überschreiten.¹
- Erwärmen sie die Punktionsstelle für mindestens 3–5 Minuten, um einen optimalen Blutfluss zu gewährleisten.

¹ CLSI GP42, Collection of Capillary Blood Specimens, 2020.

² KarabiyikOğurlu, TuralBüyüç, E., Yıldızlar, O. The Effect of Warm Compression Applied before Heel Lance on Pain Level, Comfort Level and Procedure Time in Healthy Term Newborns: A Randomized Clinical Trial. Journal of Midwifery and Reproductive Health, 2020; 8(3): 2276-2283.

³ Evans DL, Volsko TA, Capellari E, Strickland SL. AARC Clinical Practice Guidelines: Capillary Blood Gas Sampling for Neonatal and Pediatric Patients. Respir Care. 2022 Sep;67(9):1190-1204.

⁴ Yang KC, Su BH, Tsai FJ, Peng CT. The comparison between capillary blood sampling and arterial blood sampling in an NICU. Acta Paediatr Taiwan. 2002 May-Jun;43(3):124-6.

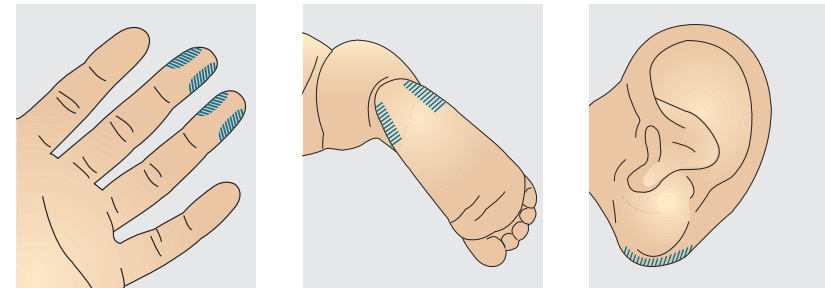
⁵ Yıldızdaş D, Yapicioğlu H, Yılmaz HL, Sertdemir Y. Correlation of simultaneously obtained capillary, venous, and arterial blood gases of patients in a paediatric intensive care unit. Arch Dis Child. 2004 Feb;89(2):176-80.

⁶ Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, Gabbay R, Murias JM. Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis. Respir Physiol Neurobiol. 2007 Mar 15;155(3):268-79. doi: 10.1016/j.resp.2006.07.002. Epub 2006 Aug 17.

7.1.3 Punktionsstellen

Die Wahl der richtigen Punktionsstelle ist entscheidend für eine schonende und erfolgreiche Kapillarblutentnahme. Je nach Patient und benötigter Blutmenge kommen verschiedene Stellen infrage.

Als geeignete Punktionsstellen gelten:



- Seiten der Fingerbeeren
- Ferse (bei Säuglingen)
- Ohrläppchen

Bei der Punktion der Fingerbeere ist darauf zu achten, nicht mittig in die Fingerkuppe zu stechen. Dort ist die Blutversorgung schlechter, und der Einstich kann sehr schmerzhaft sein. Ebenso ist der Daumen für die kapillare Blutentnahme nicht zu empfehlen.

Bei Säuglingen sollte auf eine Fingerpunktion verzichtet werden, da die Gefahr einer Knochenverletzung besteht.

WICHTIG

- Der erste Bluttröpfchen nach der Punktion sollte immer verworfen werden! Er enthält einen hohen Anteil an Gewebsflüssigkeit und kann die Testergebnisse verfälschen.

7.1.4 Punktion und Probengewinnung in 9 Schritten

- Hände desinfizieren und frische Einweghandschuhe anziehen
- Punktionsstelle desinfizieren und warten, bis das Desinfektionsmittel vollständig getrocknet ist
- Richtiger Handgriff zur Fixierung der Finger bzw. des Fußes
- Punktion mit einer Lanzette mit geeigneter Einstichtiefe
- **Ersten Blutropfen verwerfen!**
- Punktionsstelle nach unten halten
- Verwischen des Blutropfens vermeiden
- Richtige Handhabung des Probengefäßes beachten
- Wiederholten starken Druck (Quetschen oder „Melken“) vermeiden!

WICHTIG

➤ Ausübung von zu viel Druck (Quetschen oder „Melken“) führt zur Hämolyse und zu einer Verdünnung der Probe mit Gewebsflüssigkeit! Dies führt zu fehlerhaften Messergebnissen.

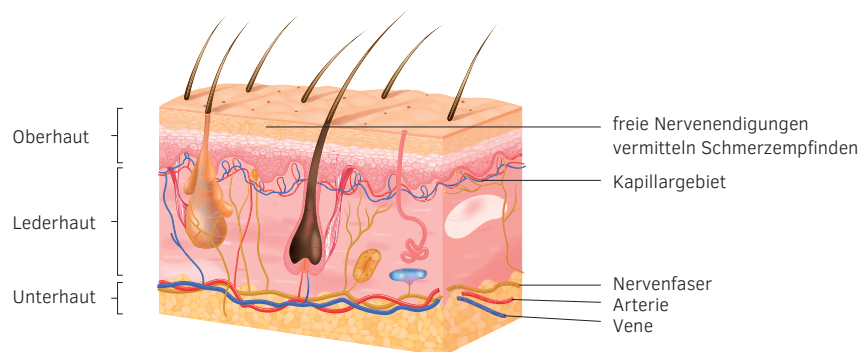
7.1.5 Wichtige Hinweise zur Einstichtiefe

Um die richtige Einstichtiefe für die Kapillarblutentnahme zu verstehen, hilft ein Blick auf die Hautschichten und die Lage der Blutgefäße (s. Abbildung).

Kapillaren sowie Arteriolen und Venolen befinden sich etwa 0,35–1,6 mm unter der Hautoberfläche in der Lederhaut.

Die Dicke der Oberhaut variiert je nach Körperregion zwischen 30 µm und 4 mm und ist an Fußsohle und Handteller am dicksten.

Punktionssysteme mit einer Einstichtiefe von mehr als 2,0 mm bieten keinen zusätzlichen Nutzen, sondern erhöhen das Risiko von Knochenverletzungen¹ – besonders bei kleinen Kindern.



¹ CLSI GP42, Collection of Capillary Blood Specimens, 2020.

Je nach Punktionsstelle und benötigter Blutmenge kann aus dem Produktspektrum der Safety-Lanzetten die passende Größe ausgewählt werden.

7.2 Safety-Lanzette & Safety-Inzisionslanzette

Für die kapillare Blutentnahme stehen je nach Patient und benötigter Blutmenge verschiedene Safety-Lanzetten und Safety-Inzisionslanzetten zur Verfügung.

Beide Lanzetten sind so konstruiert, dass Nadelstichverletzungen vermieden werden. Die Nadel oder Klinge bleibt vor und nach dem Gebrauch sicher im Lanzettengehäuse verborgen.

Ein gesicherter Auslöseknopf verhindert eine unbeabsichtigte Auslösung oder Inaktivierung des Systems.

Darüber hinaus sind die Safety-Lanzetten und Safety-Inzisionslanzetten konform mit der EU-Richtlinie 2010/32/EU¹, der BioStoffV² und den TRBA 250³.



¹ EU-Richtlinie 2010/32/EU des Rates der Europäischen Union von 2010 zur Vermeidung von Verletzungen durch scharfe/spitze Instrumente im Krankenhaus- und Gesundheitssektor

² Biostoffverordnung – BioStoffV; Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei Tätigkeiten mit Biologischen Arbeitsstoffen 2017

³ TRBA 250 Biologische Arbeitsstoffe im Gesundheitswesen und in der Wohlfahrtspflege; Ausgabe März 2014 mit Änderung 2015, GMBI Nr. 29

7.2.1 Funktionsunterschied zwischen Standardlanzette und Inzisionslanzette

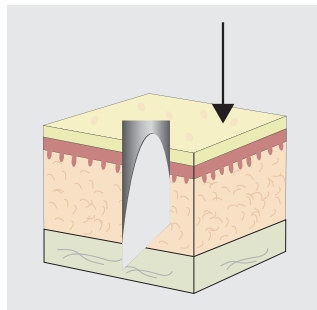
Für die kapillare Blutentnahme stehen zwei Haupttypen von Lanzetten zur Verfügung, die sich sowohl in der Art des Einstichs als auch im Einsatzgebiet unterscheiden.

Die klassische Safety-Lanzette arbeitet mit einer vertikalen Auslöserichtung und erzeugt einen zylindrischen Einstich, der allerdings bei Säuglingen zu Hämatomen führen kann.

Die speziell für Säuglinge und Frühgeborene entwickelten Inzisionslanzetten hingegen schneiden mit einem halbkreisförmigen Bewegungsweg, wodurch die Einstichtiefe geringer ist und das Risiko für Hämatome deutlich reduziert wird.

Die folgenden Abbildungen zeigen die Funktionsunterschiede noch einmal im Vergleich:

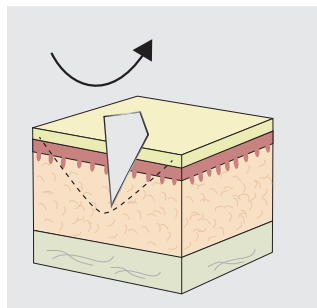
Standardlanzette:



- Vertikale Auslöserichtung der Klinge
- Zylindrischer Einstich
- Hämatombildung möglich



Inzisionslanzette:



- Halbkreisförmiger Einschnittweg
- Geringere Einstichtiefe
- Bildung von Hämatomen wird entgegengewirkt



7.2.2 Ausführungen der Safety-Lanzette

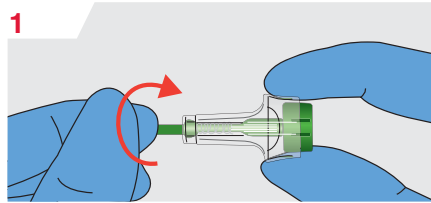
Die fünf Ausführungen der Safety-Lanzette bieten eine Auswahl verschiedener Nadelgrößen und Klingen mit unterschiedlichen Einstichtiefen für die Punktion von Finger, Ohrläppchen und Ferse. Die Safety-Lanzetten Mini oder Neonatal eignen sich je nach Bedarf für die Gewinnung von geringem oder mittlerem bis hohem Blutvolumen.

Ausführung		Einstichtiefe	Nadelgröße	Blutvolumen
Mini		1,6 mm	Nadel 28 G	gering
Normal		1,8 mm	Nadel 21 G	mittel
Extra		1,8 mm	Nadel 18 G	mittel bis hoch
Super		1,6 mm	Klinge 1,5 mm	hoch
Neonatal		1,2 mm	Klinge 1,5 mm	mittel bis hoch

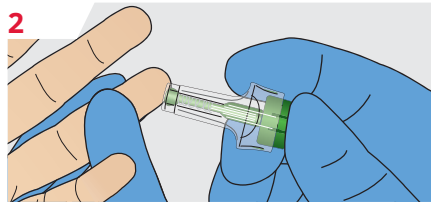


7.2.3 Handhabung – Safety-Lanzette

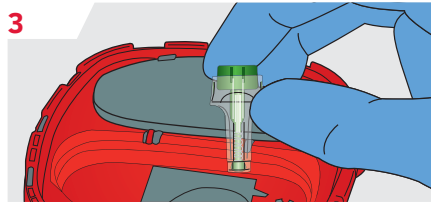
Der Haltegriff mit sicherer, abgeflachter Oberfläche ermöglicht verschiedene Haltemöglichkeiten durch ausgeprägte Flügel und die Kerbung am geriffelten Lanzettengehäuse.



1. Die Schutzkappe zeigt eindeutig, dass die Safety-Lanzette unbenutzt und steril ist. Die Schutzkappe wird mit einer Vierteldrehung abgenommen. Nadel und Klinge befinden sich vor und nach Gebrauch stets sicher im Lanzettengehäuse.



2. Safety-Lanzette gegen die ausgewählte, desinfizierte Punktionsstelle halten. Die kleine transparente Auflagefläche ermöglicht eine zielgenaue Punktion. Auslöseknopf drücken.



3. Safety-Lanzette in eine geeignete Entsorgungsbox geben.
Ersten Blutropfen verwerfen und daraufhin Blut gewinnen.

7.2.4 Ausführungen Safety-Inzisionslanzette

Angeborene Stoffwechselerkrankungen und Endokrinopathien sollten frühzeitig erkannt werden, um eine entsprechende und effektive Behandlung einzuleiten. Hierzu muss mittels eines „Neugeborenen-Screenings“ Blut entnommen werden (meistens durch Fersenpunktion). Da die Punktion mit herkömmlichen Lanzetten durch einen vertikalen Einstich erfolgt, sind die Verletzungsgefahr (Durchstich bis zum Knochen) und die Gefahr der Hämatombildung sehr hoch. Es handelt sich hier oftmals um ein schmerzhaftes Verfahren. Die beiden Versionen der Safety-Heel®-Inzisionslanzette bieten hier eine optimale Möglichkeit, das Schmerzempfinden zu reduzieren und gleichzeitig die Blutgewinnung zu optimieren.

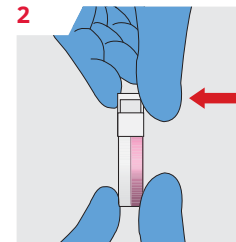
Ausführung		Einstichtiefe	Schnittlänge
Neugeborene	■	1,0 mm	2,5 mm
Frühgeborene	■	0,85 mm	1,75 mm

7.2.5 Handhabung der Safety-Inzisionslanzette

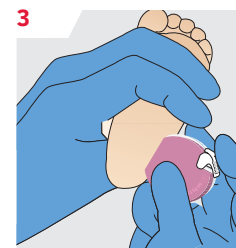
Durch ihre spezielle Einschnittstechnik ermöglichen Inzisionslanzetten auch bei geringer Einstichtiefe einen optimalen Blutfluss mit hohem Blutvolumen. Die geringe Einstichtiefe fördert eine schnelle Wundheilung und reduziert gleichzeitig das Risiko von Hämatomen.



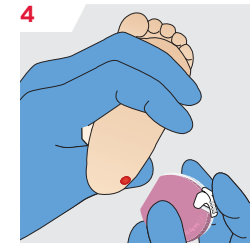
Geeignete Punktionsstelle auswählen und desinfizieren.



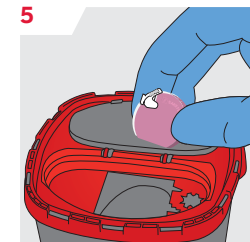
Entfernen des Sicherheitsmechanismus durch seitliches Drücken mit dem Daumen.



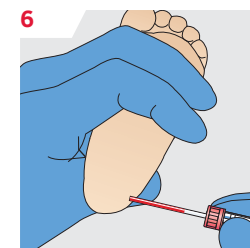
Den Fuß in eine geeignete Position anheben. Klingenöffnung flach gegen die ausgewählte und desinfizierte Punktionsstelle drücken und Auslöseknopf aktivieren. **Die Safety-Inzisionslanzette muss immer parallel zur Länge des Fußes (niemals schräg!) positioniert und ausgelöst werden!** Die Spitze des Dreiecks zeigt auf die Stelle, an der die Klinge austritt.



Nach Aktivierung des Auslöseknopfs Safety-Inzisionslanzette von der Ferse entfernen.



Entsorgen der Safety-Inzisionslanzette in eine geeignete Entsorgungsbox.



Ersten Blutropfen verwerfen. Anschließend Probengefäß befüllen.

7.3 Microvette® – Entnahmereihenfolge und -techniken



Nach der Punktion mit einer geeigneten Lanzette wird das entnommene Kapillarblut in passende Probengefäße überführt. Die Wahl hängt dabei sowohl vom benötigten Blutvolumen als auch von der geplanten Analyse ab.

Je nach Bedarf ist die Microvette® mit zylindrischer oder konischer Gefäßinnenform und in einem Volumenbereich von 100 bis 500 µl erhältlich. Die Blutentnahme kann wahlweise über eine End-to-End-Kapillare oder über den Abnehmerand erfolgen. Die spezielle Deckelkonstruktion reduziert beim Öffnen den sogenannten Aerosol-Effekt und erhöht damit die Arbeitssicherheit. Die Microvette® ist mit allen gängigen Präparierungen verfügbar.



7.3.1 Microvette® – Entnahmereihenfolge nach CLSI¹

Die von der CLSI empfohlene Entnahmereihenfolge unterscheidet sich bei der Kapillarblutentnahme von derjenigen bei der venösen Blutentnahme (s. Kapitel 4). Bei Kapillarproben sollen zunächst Vollblutproben für die Blutgasanalyse und EDTA-Proben für die Hämatologie entnommen werden, gefolgt von allen übrigen Röhrchen mit Zusatzstoffen und abschließend den Röhrchen ohne Zusätze. Der Hintergrund ist, dass die Gerinnungsgefahr des austretenden Blutes an der Punktionsstelle zu Beginn am geringsten ist. Da sowohl im Hinblick auf die Blutgasanalyse als auch in Bezug auf die hämatologische Untersuchung Gerinnsel zum Ausschluss der Probe führen würden, wird diese Reihenfolge empfohlen.

Version	EU-Code	Orientiert an ISO 6710:2017
EDTA K3E		
Lithium Heparin LH Lithium Heparin Gel LH		
Fluorid/Heparin FH		
Serum CAT Serum Gel CAT	 	 

¹ CLSI GP42, Collection of Capillary Blood Specimens, 2020.

7.3.2 Microvette® – Entnahmetechniken

Für die individuellen Anforderungen an die Kapillarblutentnahme stehen zwei Entnahmetechniken zur Verfügung, die im Folgenden näher erläutert werden sollen:

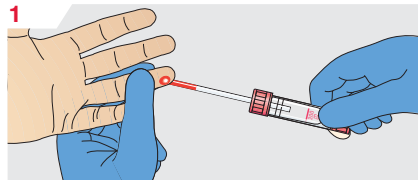
A Kapillartechnik mit der End-to-End-Kapillare

B Gravitationsprinzip mit dem Abtropfband

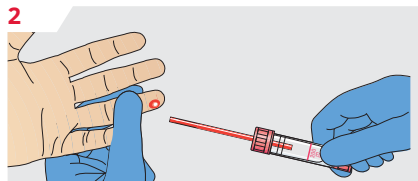
WICHTIG

- Das Befüllen einer Microvette® per Tropftechnik mit einer Luer-Kanüle zählt zur venösen Blutentnahme. Es liegt außerhalb der Zweckbestimmung und erfordert eine eigenständige Validierung.

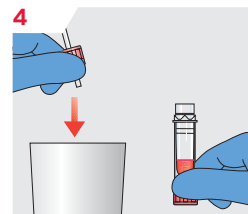
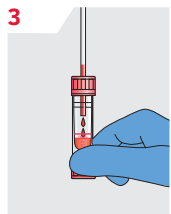
A. Kapillartechnik mit der End-to-End-Kapillare



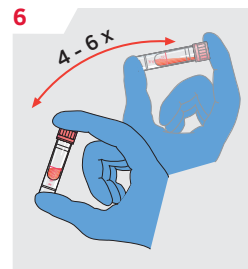
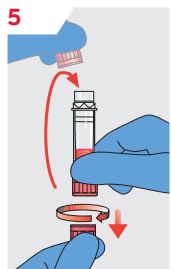
1. Microvette® horizontal oder leicht geneigt halten und die Blutropfen mit der End-to-End-Kapillare luftblasenfrei aufnehmen.



2. Die Blutentnahme ist beendet, wenn die Kapillare vollständig mit Blut gefüllt ist.

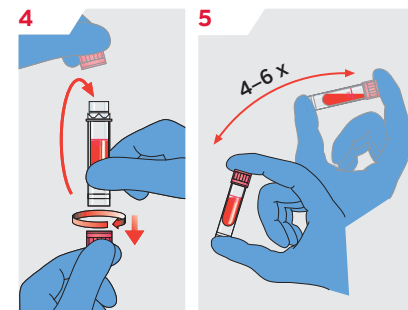
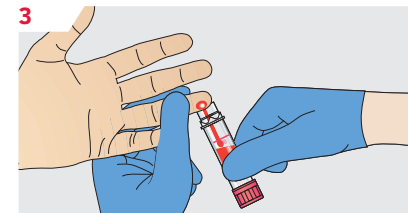
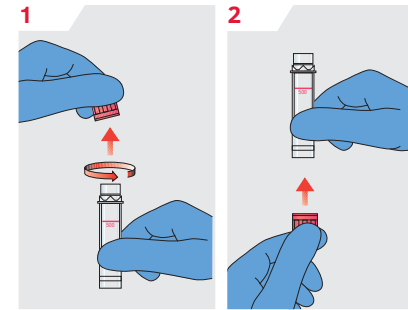


3. Microvette® senkrecht halten, sodass das Blut in das Auffanggefäß laufen kann und die Fülllinie erreicht.
4. Durch leichtes Drehen Kappe inkl. Kapillare entnehmen und als Einheit verwerfen.



5. Die aufgesteckte Verschlusskappe vom Gefäßboden abnehmen und Gefäß verschließen („Klick“-Position).
6. Probe gründlich, aber schonend mischen!

B. Blutentnahme mit dem Abtropfband



1. Durch leichtes Drehen die Verschlusskappe abnehmen.
2. Verschlusskappe auf den Gefäßboden aufstecken.
3. Das tropfenweise austretende Blut mit dem Abnehmerand aufnehmen, bis die Fülllinie erreicht ist.
4. Verschlusskappe vom Gefäßboden abnehmen und Microvette® verschließen („Klick“-Position).
5. Probe gründlich, aber schonend mischen!

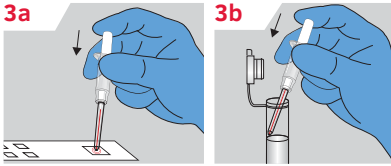
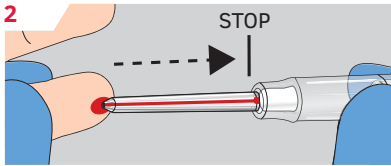
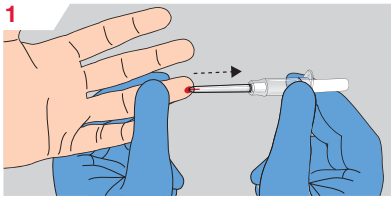
7.4 Minivette® POCT

Die Minivette® POCT dient der kapillaren Blutentnahme für die Sofortdiagnostik. Mit ihr können kleinvolumige Blutproben aufgenommen und direkt tropfenfrei z. B. auf eine Testkarte oder in ein Micro-Probengefäß transferiert werden.

Die Minivette® POCT ist in verschiedenen Ausführungen verfügbar und bietet eine Auswahl verschiedener Volumen und Präparierungen für die Gewinnung von kapillarem Vollblut.



7.4.1 Handhabung Minivette® POCT



1. Die Minivette® POCT wird seitlich unterhalb der Halteflügel gefasst und in einer horizontalen oder leicht geneigten Position gehalten. Bei der Aufnahme der Bluttropfen mit der Kapillarspitze darf das Belüftungsloch am Stempelende nicht verschlossen sein. Den Stempel nicht eindrücken und die Kapillare luftblasenfrei befüllen.
2. Die Blutentnahme endet automatisch, wenn die Kapillare bis zum weißen Sperrfilter mit Blut befüllt ist.
- 3a. Die Kapillarspitze auf das Testfeld aufsetzen und durch saches Drücken des Stempels die Probe vollständig auf die Testkarte abgeben.
- 3b. Alternativ kann die Probe in ein Micro-Probengefäß abgegeben werden.

7.5 Zentrifugationsbedingungen kapillare Blutentnahme

Die folgende Tabelle bietet jeweils eine Standard- und eine alternative Empfehlung im Hinblick auf die Zentrifugationsbedingungen für die jeweiligen Röhrchen. Zeiten und g-Zahlen dürfen nicht unterschritten werden. Die Angaben gelten für die Zentrifugation bei 20 °C.

Präparierung	Standardempfehlung Zeit (min) g-Zahl		Alternative Empfehlung Zeit (min) g-Zahl	
Microvette® APT EDTA ¹ K2E	5	4.000 x g	9	2.000 x g
Microvette® EDTA ¹ K3E Multivette® EDTA ¹ K3E	5	2.000 x g	10	10.000 x g
Microvette® Lithium Heparin LH Microvette® CB 300 Lithium Heparin LH Multivette® Lithium Heparin LH	5	2.000 x g	10	2.000 - 10.000 x g
Microvette® Lithium Heparin Gel LH ² Multivette® Lithium Heparin Gel LH ²	5	10.000 x g	10	4.000 - 10.000 x g
Microvette® Fluorid/Heparin FH Microvette® CB 300 Fluorid/Heparin FH Multivette® Fluorid/Heparin FH	5	2.000 x g	10	2.000 - 10.000 x g
Microvette® Serum CAT Microvette® CB 300 Serum CAT Multivette® Serum CAT	5	10.000 x g	10	2.000 - 10.000 x g
Microvette® Serum Gel CAT ² Multivette® Serum Gel CAT ²	5	10.000 x g	10	4.000 - 10.000 x g

¹ Die Zentrifugationsbedingungen gelten nur für die Plasmatrennung, nicht für hämatologische Untersuchungen.
² Für mit Gel präparierte Gefäße empfehlen wir die Verwendung von Ausschwingrotoren.



8 Blutgasproben

werden heutzutage zur Blutgasanalyse und im POCT eingesetzt.

Blutgasproben werden in vielen verschiedenen Bereichen entnommen und analysiert, z. B. in Notaufnahmen, auf Intensivstationen, in Ambulanzen, Operationsbereichen, Herzkatheter- und Lungendiagnoselaboren.

Ursprünglich wurden Blutgasproben ausschließlich für Blutgasanalysen (kurz BGA, umgangssprachlich nach Poul Bjørndahl Astrup als Astrup bezeichnet) eingesetzt, mit deren Hilfe Änderungen in der Sauerstoffversorgung und im Säure-Basen-Haushalt eines Patienten festgestellt und überwacht werden können. Prinzipiell wird mit der BGA der Partialdruck (die Gasverteilung) von O_2 (Sauerstoff, pO_2) und CO_2 (Kohlendioxid, pCO_2) sowie des pH-Wertes bestimmt, mit deren Hilfe die jeweiligen Werte für den Säure-Basen-Haushalt (Bicarbonat/ HCO_3^- , Basenüberschuss/BE) berechnet werden können.

Im Laufe der Jahrzehnte sind weitere Analyten und berechnete Parameter hinzugekommen: Hämoglobin und Hämoglobinderivate, z. B. für die Berechnung von Sauerstoffgehalt (ctO_2) und Sauerstoffsättigung (sO_2), Glucose und Lactat sowie Elektrolyte u. a. für die Berechnung der Anionenlücke. Daher werden Blutgasproben sowohl zur BGA als auch im POCT verwendet.

Abhängig von der diagnostischen Fragestellung werden heutzutage neben arteriellem Blut auch arterialisiertes Kapillarblut und venöses Blut verwendet.

Da die Parameter je nach Blutart unterschiedlich hoch sind (pCO_2 ist in venösem Blut höher, pO_2 und sO_2 sind in venösem Blut niedriger konzentriert als in arteriellem Blut), sollte die Entnahmestelle der Probe mitgeteilt und berücksichtigt werden (z. B. arterieller Zugang, kapillar, venös, ZVK etc.).¹

Bei Beatmungspatienten sollte zusätzlich die Einstellung des Beatmungsgerätes mitgeteilt und berücksichtigt werden.

WICHTIG

- > Heparin bindet ionisiertes Calcium. Für die Calciummessung in Blutgasanalysen mittels ISE muss Calcium-balanciertes Heparin, wie in unseren Blutgas-Kapillaren und -Monovetten, verwendet werden. Daher darf aus den Blutgas-Monovetten auch kein gesamt Gesamt-Calcium bestimmt werden.

¹ Davis MD, Walsh BK, Sittig SE, Restrepo RD. AARC clinical practice guideline: blood gas analysis and hemoximetry: 2013. Respir Care. 2013 Oct;58(10):1694-703.

8.1 Art der Blutentnahme

8.1.1 Arteriell

Arteriell

8.1.2 Arterialisierter Kapillarblut

Wenn Sie arterielles Blut nicht direkt entnehmen können, können Sie auch arterialisierter Kapillarblut für eine erste Einschätzung verwenden. Beachten Sie jedoch hierbei, dass insbesondere die Werte für pO_2 , SO_2 , FO_2Hb und ctO_2 von arteriellem Blut abweichen können. Die Arterialisierung erfolgt durch Erwärmung der Haut.¹⁻⁶ Details hierzu und zur kapillaren Blutentnahme finden Sie im Kapitel Kapillare Blutentnahme. Bei der Entnahme von Kapillarblutproben sollten Sie keinen starken, sich wiederholenden Druck (Melken) ausüben, da dies zur Hämolyse und/oder Kontamination der Probe mit Gewebsflüssigkeit führen kann. Gewebsflüssigkeit in der Probe erhöht den Kaliumwert und verdünnt das Blut. Dies führt zu niedrigeren Werten für andere Elektrolyte und für Gesamthämoglobin sowie v. a. für die Blutgasparameter pO_2 und pCO_2 und deren abgeleitete Werte.

8.1.3 Venöse Blutgasproben

Obwohl venöse Blutgasproben heutzutage routinemäßig auf Notfallstationen für eine erste Einschätzung der Patienten sowie allgemein für die Bestimmung von Elektrolyten und Glucose abgenommen werden, stellt venöses Blut keinen zufriedenstellenden Ersatz für arterielles Blut in der Blutgasanalytik dar.^{1,7-9} Bei ordnungsgemäßer Entnahme (s. Kapitel Durchführung der venösen Blutentnahme) eignet sich venöses Blut für die Bestimmung von pH-Wert und pCO_2 , Elektrolyten sowie für die Bewertung der Werte von Dyshämoglobinen wie COHb und MetHb. Venöse Proben eignen sich auf keinen Fall für die Bestimmung von pO_2 , Sauerstoffgehalt oder Sauerstoffsättigung.^{1,7-9} Des Weiteren führt zu langes Stauen (> 1 Minute) zu einer Erniedrigung des Kaliumwertes, während Faustballen oder das Öffnen und Schließen der Faust zu einer Erhöhung führt. Details hierzu finden Sie im Kapitel Durchführung der venösen Blutentnahme.

¹ CLSI C46, Blood Gas and pH Analysis and Related Measurement, 2009
² Evans DL, Volsko TA, Capellari E, Strickland SL. AARC Clinical Practice Guidelines: Capillary Blood Gas Sampling for Neonatal and Pediatric Patients. Respir Care. 2022 Sep;67(9):1190-1204. doi: 10.4187/respcare.10151. PMID: 36002161.
³ CLSI GP42, Collection of Capillary Blood Specimens, 2020
⁴ Yang KC, Su BH, Tsai FJ, Peng CT. The comparison between capillary blood sampling and arterial blood sampling in an NICU. Acta Paediatr Taiwan. 2002 May-Jun;43(3):124-6.
⁵ Yildizdağ D, Yapıcıoğlu H, Yilmaz HL, Sertdemir Y. Correlation of simultaneously obtained capillary, venous, and arterial blood gases of patients in a paediatric intensive care unit. Arch Dis Child. 2004 Feb;89(2):176-80.
⁶ Zavorsky GS, Cao J, Mayo NE, Gabbay R, Murias JM. Arterial versus capillary blood gases: a meta-analysis. Respir Physiol Neurobiol. 2007 Mar 15;155(3):268-79.
⁷ Thangaraj RK, Chidambaram HHS, Dominic M, Chandrasekaran V, Padmanabhan KN, Chanjal K. A Comparison of Arterial and Venous Blood Gas Analysis and Its Interpretation in Emergency Department: A Cross-Sectional Study. Eurasian J Emerg Med. 2021 Sep 20;20(3):178-182.
⁸ Bloom BM, Grundlingh J, Bestwick JP, Harris T. The role of venous blood gas in the emergency department: a systematic review and meta-analysis. Eur J Emerg Med. 2014 Apr;21(2):81-8.
⁹ Isha I, D'Cruz S, Gupta S, Kaur D., WCN25-996 CORRELATION OF VENOUS BLOOD GAS WITH ARTERIAL BLOOD GAS VALUES IN PATIENTS ADMITTED TO EMERGENCY DEPARTMENT, Kidney International Reports, Volume 10, Issue 2, Supplement, 2025, Page S4

8.2 Einfluss der Lagerung

Die Stabilität von Blutgaswerten ist zeitkritisch, da die Blutzellen innerhalb der Blutgasprobe einen aktiven Stoffwechsel haben und die heutzutage verwendeten Blutgasspritzen aus Kunststoff im Gegensatz zu Glas geringfügig luftdurchlässig sind. Daher sollten Sie Blutgasproben möglichst zeitnah analysieren. Ist dies nicht möglich, sollten Sie die Blutgasproben bei Raumtemperatur aufbewahren und innerhalb von 15 Minuten, wenn Sie einen unverfälschten pO_2 -Wert benötigen, ansonsten innerhalb von 30 Minuten analysieren.^{1,2,3}

WICHTIG

> Blutgasanalysen sollten möglichst sofort nach der Blutentnahme, spätestens 15 Minuten nach der Blutentnahme durchgeführt werden.

Wenn Sie die Blutgasprobe nicht innerhalb von 30 Minuten analysieren können, sollte das Blut vorzugsweise in einer Glasspritze mit Calcium-balanciertem Heparin gesammelt werden. Diese Probe sollten Sie bei 0–4 °C lagern (Kühlpack oder in Eiswasser), um die Glykolyse durch die Zellen zu minimieren und die Probe innerhalb von 60 Minuten nach der Entnahme analysieren.^{4,5} Allerdings steigt durch die niedrige Lagertemperatur das Kalium im Plasma an.⁶ Das Ausmaß der Verfälschung der Blutgaswerte durch eine zu lange oder falsche Lagerung der Blutgasprobe hängt neben der Dauer auch von der Zellzahl in der Probe wie auch von der Lagertemperatur ab. Art und Grund der Änderungen sind in folgender Tabelle aufgeführt:

Änderung von Analyten durch Lagerung¹⁻⁶

Analyt	Änderung	Grund
pO_2	erniedrigt	Verbrauch durch Zellstoffwechsel
pCO_2	erhöht	Zunahme durch Zellstoffwechsel
pH	erniedrigt	CO_2 (löst sich im Blut) und Lactat steigen durch den Zellstoffwechsel an
Glucose	erniedrigt	Verbrauch durch Zellstoffwechsel
Lactat	erhöht	Glykolyse
Kalium	erhöht	niedrige Temperatur, Glucoseverbrauch, Apoptose

¹ Smajić J, Kadić D, Hasić S, Srdarević N. Effects of post-sampling analysis time, type of blood samples and collection tubes on values of blood gas testing. Med Glas (Zenica). 2015 Aug;12(2):108-12.
² Srisan P, Udomsri T, Jetanachai P, Lochindarat S, Kanjanapattanakul W. Effects of temperature and time delay on arterial blood gas and electrolyte measurements. J Med Assoc Thai. 2011 Aug
³ CLSI C46, Blood Gas and pH Analysis and Related Measurement, 2009
⁴ Mohammadhoseini E, Safavi E, Seifi S, Seifirad S, Firoozbakhsh S, Peiman S. Effect of Sample Storage Temperature and Time Delay on Blood Gases, Bicarbonate and pH in Human Arterial Blood Samples. Iran Red Crescent Med J. 2015 Mar 20;17(3):e13577.
⁵ Evans DL, Volsko TA, Capellari E, Strickland SL. AARC Clinical Practice Guidelines: Capillary Blood Gas Sampling for Neonatal and Pediatric Patients. Respir Care. 2022 Sep;67(9):1190-1204.
⁶ Rampul A, Nowrungsah D, Madurai S, Pillay TS. Big data analysis reveals the existence of seasonal pseudohyperkalaemia even in temperate climates. Clin Chim Acta. 2019 Oct;497:110-113.

WICHTIG

- Nach der Lagerung müssen Sie die Proben sorgfältig aufmischen, da die Blutzellen sedimentieren und dies zu Fehlmessungen des Hb führen kann.

8.3 Fehlervermeidung

Im Folgenden haben wir Ihnen die häufigsten Fehler bei Blutgasproben und deren Vermeidung aufgeführt.

8.3.1 Luftkontamination

WICHTIG

- Zur Vermeidung von Fehlmessungen aufgrund von Luftkontamination sind Luftblasen direkt nach der Blutentnahme zu entfernen (s. Entlüften der Blutgas Monovette®). Je länger die Lagerung mit Luftblase(n) und je größer die Luftblase(n), umso stärker verändern sich die Werte, v. a. pO_2 und hieraus errechnete Werte wie z. B. SO_2 .

In der Regel steigt der pO_2 -Wert in der Blutgasprobe, da er sich dem Wert der Umgebungsluft (ca. 150 mmHg bzw. 20 kPa) annähert. Nur bei beatmeten Patienten kann der pO_2 oberhalb der Umgebungsluft liegen und somit fallen.

Da der pCO_2 -Wert der Luft sehr niedrig ist, wird der pCO_2 -Wert des Blutes durch Luftkontamination gesenkt und der pH-Wert erhöht.¹ Im Vergleich zu pO_2 fällt diese Veränderung jedoch geringer aus. Durch die pH-Wert-Erhöhung sinkt das ionisierte Calcium, da es vermehrt an Proteine bindet.²

Änderung von Analyten durch Luftkontamination

Erniedrigt	Erhöht
pCO_2	pH
	pO_2



8.3.2 Gerinnsel

In der Regel werden Gerinnsel und Luftblasen von modernen Blutgasgeräten erkannt, sodass keine falschen Werte gemessen werden. Jedoch führt dies zum Abbruch der Messung und Sie müssen eine neue Blutprobe abnehmen. Daher gilt es, im Vorfeld Gerinnsel zu vermeiden.

Heparin wirkt als Antikoagulans, indem es die Aktivierung von Antithrombin III katalysiert. Jedoch muss es sich schnell im Blut verteilen, um die Gerinnung zu hemmen. **Sobald sich ein Gerinnsel gebildet hat, kann Heparin den Prozess nicht mehr umkehren!**¹

Flüssiges Heparin bietet den Vorteil, dass es schneller als lyophilisiertes Heparin wirkt, es kann jedoch zur Verdünnung der Blutgasprobe führen. Lyophilisiertes Heparin löst sich im Zweifel nicht schnell genug, sodass die Gerinnung einsetzt.²

Daher beinhalten die Blutgas-Monovetten konzentriertes Calcium-balanciertes Heparin in sprühdosierter Tröpfchenform (50 I.E./ml Blut), um eine Gerinnselbildung effektiv zu vermeiden und gleichzeitig die Probe nicht zu verdünnen.

8.3.3 Kontaminationen durch Infusionen oder Spüllösungen

Bei der Blutentnahme sollten Sie stets darauf achten, die Blutprobe nicht z. B. durch Infusionen, Block- oder Spüllösungen aus einem Katheter zu verdünnen. Daher sollten Sie Entnahmen während oder nach Infusionen vermeiden und bei Entnahmen aus dem Katheter vorher ausreichend Blutvolumen verwerfen (s. hierzu auch Kapitel Durchführung der venösen Blutentnahme). In nachfolgender Tabelle sind zwei Beispiele für Kontaminationen und deren Folgen aufgeführt.²

	Kontamination mit Flüssigheparin	Kontamination mit NaCl-Lösung
Erhöht	pO_2 (nur bei hohen Verdünnungen)	Na^+ , Cl^-
Erniedrigt	pCO_2 , Elektrolyte, Glucose, Lactat, tHB	pCO_2 , K^+ , Ca^{++} , Glucose, Lactat, tHB

¹ CLSI C46, Blood Gas and pH Analysis and Related Measurement, 2009

² Wang S, McDonnell EH, Sedor FA, Toffaletti JG. pH effects on measurements of ionized calcium and ionized magnesium in blood. Arch Pathol Lab Med. 2002 Aug;126(8):947-50. doi: 10.5858/2002-126-0947-PEOMOI. PMID: 12171493.

¹ CLSI C46, Blood Gas and pH Analysis and Related Measurement, 2009

² Higgins C. The use of heparin in preparing samples for blood-gas analysis. MLO Med Lab Obs. 2007 Oct;39(10):16-8, 20; quiz 22-3.

8.3.4 Hämolyse

Hämolyse kann auch bei Blutgasproben zu Verfälschungen der Messergebnisse führen. Besonders betroffen ist Kalium, aber auch die Blutgasparameter können klinisch relevante Abweichungen aufweisen.¹

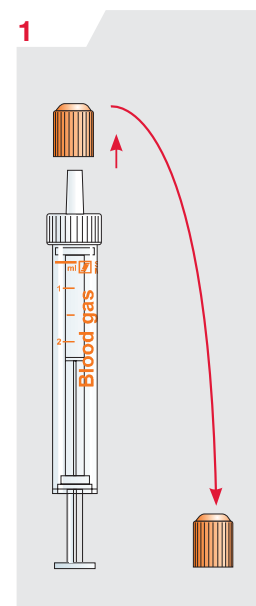
Dargestellt ist der Mittelwert der Verfälschung durch Hämolyse.¹

Analyt	Änderung
pH	– 0,2 %
pO ₂	– 4,9 %
sO ₂	– 4,9 %
COHb	– 11 %
Ca ²⁺	– 7,0 %
pCO ₂	+ 4,1 %
HCO ₃ [–]	+ 1,4 %
Kalium	+ 152 %

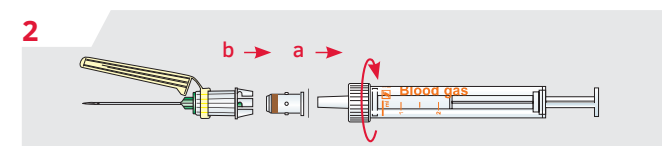
Mögliche Hämolyse-Ursachen (weitere Ursachen im Kapitel Hämolyse, Unterfüllung, Blutgerinnsel)

- **Scherkräfte**
Probe beim Mischen oder Proben transport zu stark geschüttelt
- **Entnahmetechnik**
Zu starkes Auspressen (Melken) der Punktionsstelle bei Entnahme von arterialisiertem Kapillarblut
- **Temperaturen**
Hitze im Sommer oder Kälte (z. B. Probe gefroren oder direkt auf Eis gelegt)

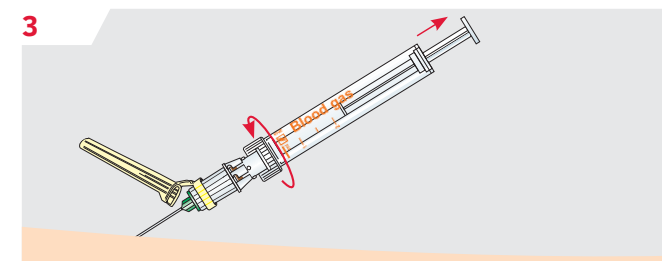
8.4 Blutentnahme mit der Blutgas-Monovette®



Entfernen Sie die orangefarbene Schutzkappe von der Blutgas-Monovette®.



Setzen Sie den Membran-Adapter (Art. Nr.: 14.1112) auf den Luer-Konus der Blutgas-Monovette® (a) und komplettieren Sie die Blutgas-Monovette® mit der Safety-Kanüle (b) oder der Safety-Multifly®-Kanüle. Alternativ kann die Blutgas-Monovette® direkt mit einem Luer-Anschluss konnektiert werden.

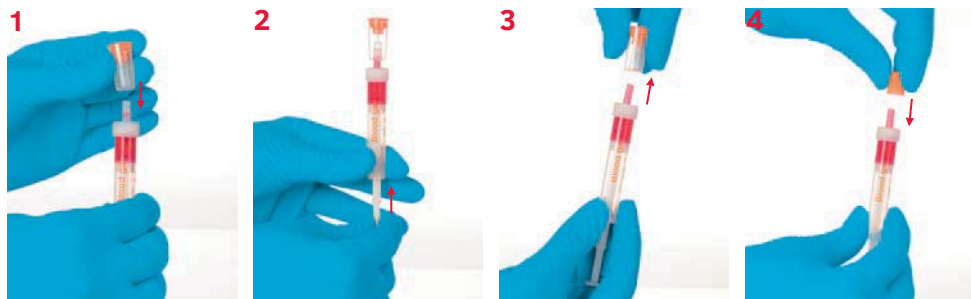


Entnehmen Sie die Blutprobe entsprechend Ihrer Arbeitsanweisung. Bei Punktion der Arterie ist der 45°-Winkel zu empfehlen.

¹ Lippi G, Fontana R, Avanzini P, Sandei F, Ippolito L. Influence of spurious hemolysis on blood gas analysis. Clin Chem Lab Med. 2013 Aug;51(8):1651-4.

8.4.1 Entlüften der Blutgas-Monovette®

Zur Vermeidung von Fehlmessungen aufgrund von Luftkontamination muss nach der Beendigung der Blutentnahme die Luft wie folgt aus der Blutgas-Monovette® entfernt werden:



1. Setzen Sie den Entlüfter (Art. Nr.: 14.1148) auf die Blutgas-Monovette® auf.

2. Drücken Sie den Kolben vorsichtig nach oben, bis die Luftblasen vollständig entfernt sind. Bei Bedarf klopfen Sie die Luftblasen los und entlüften weiter.

3. Entfernen und entsorgen Sie den Entlüfter, indem Sie ihn nach rechts drehen und mit der Unterkante den Blutstropfen auf den Luer-Anschluss abstreifen.

4. Setzen Sie für den Mischvorgang die orangefarbene Schutzkappe auf.

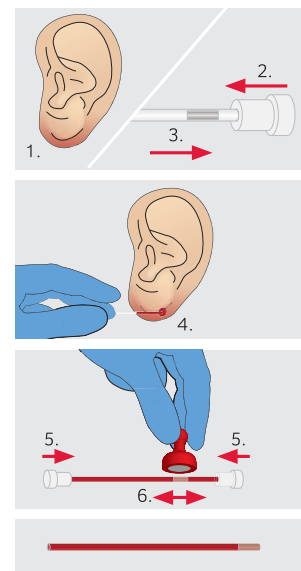
8.4.2 Mischen der Blutgas-Proben

Im Gegensatz zur S-Monovetten wird das Mischen der Blutprobe in der Blutgas-Monovette® nicht durch die Luftblase unterstützt. Mischen Sie daher die Blutgasprobe durch Rollen zwischen den Handflächen und schwenken Sie die Blutgas-Monovette® dabei.



8.4.3 Blutentnahme mit der Blutgas-Kapillare

Details zur arterialisierten Kapillarblutentnahme finden Sie im Kapitel Kapillare Blutentnahme.



1. Punktionsstelle auswählen und Durchblutung fördern.
2. Eine Verschlusskappe lose an einem Ende der Kapillare anbringen.
3. Ein Mischstäbchen in die Kapillare einführen und dieses bis zur aufgesetzten Verschlusskappe gleiten lassen.
4. Die Punktionsstelle mit Desinfektionsmittel reinigen. Haut so punktieren, dass ein guter Blutfluss gewährleistet wird. Den ersten Tropfen verwerfen. Die aufgesetzte Kappe abnehmen. Dann die Kapillare horizontal halten und mit dem einen Ende mittig in den Blutropfen halten und die Kapillare **luftblasenfrei komplett befüllen**.
5. Beide Kapillarenden mit den Kappen fest verschließen.
6. Das Mischstäbchen mithilfe des Magneten über die gesamte Kapillarlänge langsam 10–15 Mal hin- und herbewegen, um das **Blut mit dem Antikoagulans zu vermischen**.
7. Unmittelbar vor der Analyse die Probe noch einmal durchmischen. Dann das Mischstäbchen am Ende der Kapillare **positionieren**.
8. Beide Verschlusskappen entfernen.
9. Blutprobe vom Gerät ansaugen lassen.



9

Sicherheit rund um die Blutentnahme

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

Schutz vor Nadelstichverletzungen

Als Nadelstichverletzungen (NSV) bezeichnet man jegliche Art von Verletzung mit spitzen (z. B. Kanülen, Nadeln) oder scharfen (z. B. Skalpelle) Gegenständen, die zuvor mit Blut, Gewebe oder anderen Körperflüssigkeiten in Berührung gekommen sind. Sie sind weltweit eine der größten beruflichen Gefahren im Gesundheitswesen, wie in Krankenhäusern, Arztpraxen, Pflegeheimen und Notdiensten. Für die Betroffenen stellen NSV eine ernste Gefährdung dar, da Krankheitserreger, wie das Hepatitis-B-Virus (HBV), das Hepatitis-C-Virus (HCV) und das Humanne Immundefizienz-Virus (HIV), übertragen werden können.^{1,2,3}

Nach Angaben der WHO sind 35 Millionen Beschäftigte des Gesundheitswesens jährlich mehr als zwei Millionen Stichverletzungen ausgesetzt. Den Berichten der Centers for Disease Control and Prevention (CDC) und der Europäischen Agentur für Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz (EU-OSHA) zufolge gibt es in den Vereinigten Staaten und in Europa jährlich mehr als 385.000 bzw. 1.000.000 Fälle von NSV.^{1,2} Dabei entfielen global ca. 23 % der NSI auf Verletzungen durch intra-venöse Kanülen.²

Zur Reduzierung von NSV müssen die EU-Mitgliedsstaaten seit 2013 die EU-Richtlinie 2010/32/EU zur Vermeidung und Prävention von Nadelstichverletzungen in nationales Recht umgesetzt haben.^{4,5} In Deutschland wurden hierfür die Biostoffverordnung (BioStoffV) und die Technischen Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA 250) entsprechend überarbeitet.⁵

Trotz gesetzlicher Regelung, Leitlinien und Sicherheitsprodukten sind NSV weiterhin keine Seltenheit und haben unterschiedliche Ursachen:

- Unachtsamkeit und Stress, wie z. B. durch Nachtdienst und Notfallsituationen
- Fremdverschulden durch Patient oder bei Instrumentenübergabe
- Unwissenheit oder mangelnde Übung
- Falsche Handhabung, z. B. Wiederaufsetzen der Schutzkappe auf die Kanüle (Re-Capping)
- Überfüllter oder unzulässiger Entsorgungsbehälter

Durch geeignete Präventionsmaßnahmen können Sie NSV minimieren:

- Verwendung von Sicherheitsprodukten, wie Safety-Kanülen oder Multi-Safe-Entsorgungsboxen
- Schulungen im Umgang mit Sicherheitsprodukten
- Festlegung sicherer Arbeitsabläufe
- Tragen von Schutzkleidung, u. a. doppelte Handschuhe
- Schutzimpfungen, z. B. gegen Hepatitis B

¹ Hosseinipalangi Z, Golmohammadi Z, Ghashghaee A, Ahmadi N, Hosseini Fard H, Mejareh ZN, Dehnad A, Aghalou S, Jafarjalal E, Aryankhesal A, Rafiei S, Khajehvand A, Ahmadi Nasab M, Kan FP. Global, regional and national incidence and causes of needlestick injuries: a systematic review and meta-analysis. East Mediterr Health J. 2022 Mar 29;28(3):233-241.

² Bouya S, Balouchi A, Rafiemanesh H, Amirshahi M, Dastres M, Moghadam MP, Behnamfar N, Shyebak M, Badakhsh M, Allahyari J, Al Mawali A, Ebadi A, Dezhkam A, Daley KA. Global Prevalence and Device Related Causes of Needle Stick Injuries among Health Care Workers: A Systematic Review and Meta-Analysis. Ann Glob Health. 2020 Apr 6;86(1):35.

³ King KC, Strony R. Needlestick. 2023 May 1. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-.

⁴ Council Directive 2010/32/EU of 10 May 2010 implementing the Framework Agreement on prevention from sharp injuries in the hospital and healthcare sector concluded by HOSPEEM and EPSU, <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2010/32/oj>

⁵ Himmelreich H, Rabenau HF, Rindermann M, Stephan C, Bickel M, Marzi I, Wicker S. The management of needlestick injuries. Dtsch Arztebl Int. 2013 Feb;110(5):61-7. doi: 10.3238/arztebl.2013.0061. Epub 2013 Feb 1.

9.1 Safety-Multifly®-Kanüle und Safety-Kanüle

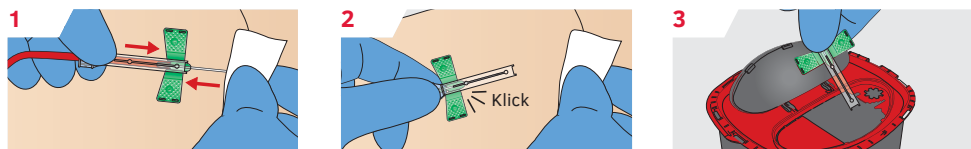
Die Safety-Multifly®- und Safety-Kanüle sind gebrauchsfertige Sicherheitsentnahmeprodukte und müssen nicht mehr von Ihnen zusammengebaut werden. Da die Kanüle bereits in den Adapter integriert ist, wird das potenzielle Risiko einer Nadelstichverletzung am Kanülenrückende deutlich reduziert. Hierdurch und durch die Einhandbedienung des Nadelschutzes ist ein maximaler Arbeitsschutz gewährleistet.



9.1.1 Safety-Multifly®-Kanüle – Aktivierung des Nadelschutzes

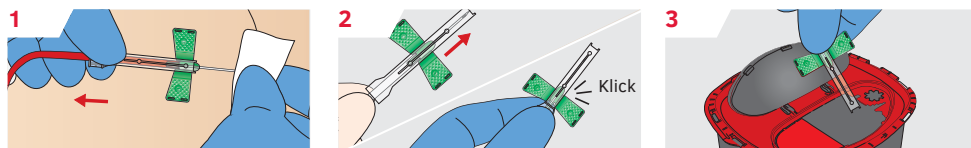
1. In der Vene:

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

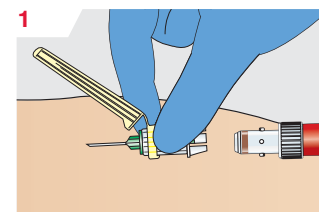


2. Außerhalb der Vene:

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

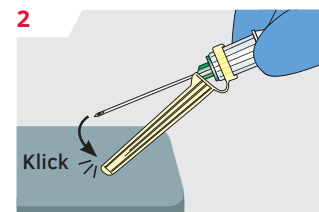


9.1.2 Safety-Kanüle – Aktivierung des Nadelschutzes

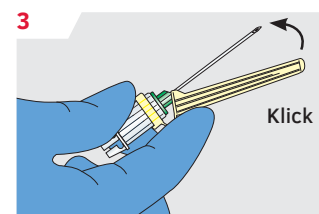


Nach der Blutentnahme:

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

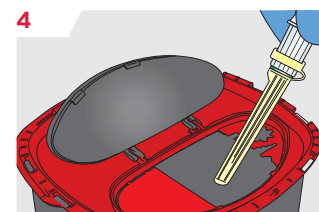


Die Safety-Kanüle am Adapter fassen, den Nadelschutz auf einer stabilen, flachen Oberfläche aufsetzen und die Nadel nach unten durch leichten Druck bis zu einem deutlich fühl- und hörbaren „Klick“ in den Nadelschutz einrasten.



Alternativ können Sie den Nadelschutz auch 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.

WICHTIG

> Die Aktivierung des Nadelschutzes erfolgt immer nur mit einer Hand!

9.2 Multi-Safe-Entsorgungsboxen

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

In diesen Vorschriften sind z. B. folgende Punkte festgelegt:

- Form und Aussehen
- Falltests aus bestimmten Höhen zur Gewährleistung der Bruchfestigkeit
- 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 auf der Oberseite des Deckels befindet. Entsorgungsboxen ohne diese Kennung müssen in jenen mit Kennung entsorgt werden.

Sichere Entsorgung

Empfehlung:

- Befüllen Sie die Multi-Safe-Entsorgungsbox **nur bis zur Fülllinie** und somit nur zu ca. **2/3** des Gesamtvolumens.
- Beachten Sie die Fülllinie und überfüllen Sie die Multi-Safe-Entsorgungsbox nicht, sonst **droht Verletzungsgefahr!**



Grundsätzlich ist bei der Entsorgung von potentiell infektiösen 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 beim 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 fallen lassen.
- 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.



10

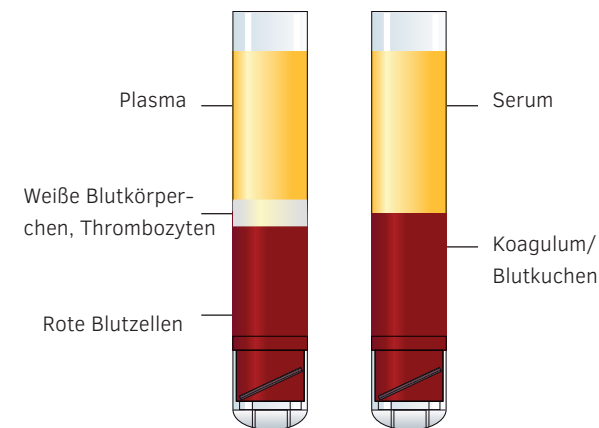
Zentrifugation

Die Zentrifugation ist ein physikalischer Trennprozess, bei dem Stoffe mit unterschiedlichen Dichteverhältnissen, wie z. B. Blutzellen und Serum/Plasma, getrennt werden.

Bei der Zentrifugation, z. B. in einer Laborzentrifuge mit Ausschwingrotor, werden dichtere Stoffe (Partikel und Flüssigkeiten) in radialer Richtung, d. h. senkrecht von der Rotorachse, nach außen geschleudert. Hierdurch werden Stoffe mit geringerer Dichte innerhalb des Probengefäßes in Richtung Rotorachse verdrängt.

Daher befinden sich nach der Zentrifugation dichtere Bestandteile wie Blutzellen oder das Koagulum („Blutkuchen“) im unteren Bereich des Probengefäßes, während Proteine, Wasser oder gelöste Bestandteile wie Glucose, Vitamine u. a. im oberen Bereich des Probengefäßes und somit im Serum oder Plasma liegen.

Unterschied von Plasma- und Serum-Blutproben nach der Zentrifugation



Da während der Gerinnung im Serum-Blutentnahmeröhrchen Gerinnungsfaktoren verbraucht und die Zellen im Koagulum gebunden werden, beinhaltet das Serum im Gegensatz zum Plasma kein Fibrinogen und nur noch wenige Gerinnungsfaktoren in aktiver Form:

Serum = Plasma – Fibrinogen

10.1 Unterschied zwischen Drehzahl und g-Zahl

Die Zentrifugationsangaben für Probengefäße wie z. B. die S-Monovette® erfolgen herstellerseitig immer als Vielfaches der Erdbeschleunigung (g) und somit als relative Zentrifugalbeschleunigung bzw. sogenannte g-Zahl:

- **RZB:** relative Zentrifugalbeschleunigung bzw.
- **RCF:** relative centrifugal force (international gebräuchlich)

Neben der RCF kann die Trennleistung einer Zentrifuge auch durch die Drehzahl angegeben werden:

- **UPM:** Umdrehungen pro Minute bzw.
- **RPM:** revolutions per minute (international gebräuchlich)

WICHTIG

➤ Die Drehzahl (RPM) entspricht nicht der RCF bzw. g-Zahl.

Die relative Zentrifugalbeschleunigung (in g) können Sie jedoch mithilfe des Rotorenradius der Zentrifuge (in cm) und der Drehzahl wie folgt errechnen:

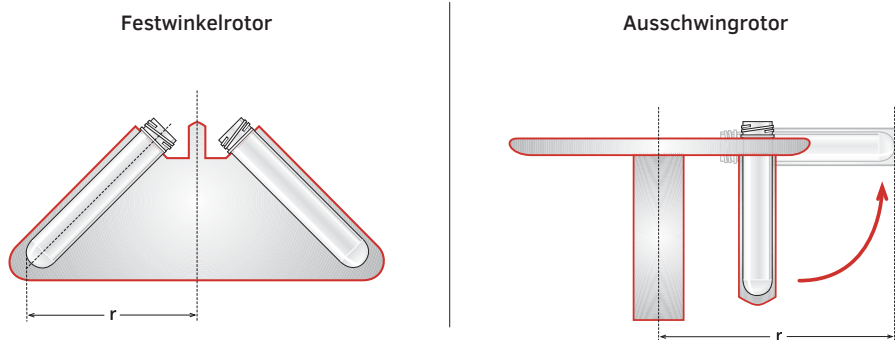
$$RCF = 11,18 \times r \times (RPM/1000)^2$$

RCF = engl. für relative Zentrifugalbeschleunigung (RZB) bzw. g-Zahl

r = Radius in cm

RPM = engl. für Umdrehungen pro Minute (UPM) in min^{-1}

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



WICHTIG

➤ Bei den meisten Zentrifugen kann die Anzeige für die Eingabe zwischen Drehzahl (meist RPM) und g-Zahl (meist RCF) gewechselt werden. Achten Sie daher auf die richtige Einstellung der Zentrifuge, um eine korrekte Trennung Ihrer Proben zu gewährleisten.

10.2 Zentrifugationsbedingungen für die S-Monovette®

Der Zentrifugationsprozess ist ein wesentlicher Bestandteil der präanalytischen Phase. Die in folgender Tabelle angegebenen Zentrifugationsbedingungen für die S-Monovetten sind Mindestangaben. Das Unterschreiten der empfohlenen Zentrifugationszeit bzw. der empfohlenen g-Zahl kann sich nachteilig auf die Probenintegrität und somit auf die Analyseergebnisse auswirken.

Für den Fall, dass Sie unterschiedliche S-Monovetten gleichzeitig zentrifugieren möchten, wählen Sie aus der Tabelle eine geeignete g-Zahl aus und verwenden Sie die höchste Zentrifugationszeit der jeweiligen S-Monovetten für Ihre Zentrifuge(n). Bei der Wahl der optimalen Zentrifugationsbedingungen unterstützt Sie auch unser Online-Tool:

<https://www.sarstedt.com/service/zentrifugation/zentrifugationsbedingungen-fuer-s-monovetten/>

Mindestzentrifugationszeit in Minuten

Bezeichnung	EU-Code	Orientiert an ISO 6710:2017	Relative Zentrifugalbeschleunigung (g-Zahl)				
			2000 x g	2500 x g	3000 x g*	3500 x g*	4000 x g*
Neutral Z**	□	□	10	10	6	4	4
Serum CAT**	□	■	10	10	6	4	4
Serum Gel CAT**	■	■	15	10	4	4	4
Lithium Heparin LH	■	■	10	10	7	7	7
Natrium Heparin NA	■	■	10	10	7	7	7
Metallanalytik	■	■	10	10	7	7	7
Lithium Heparin Gel LH	■	■	15	15	10	7	7
Lithium Heparin Gel+ LH	■	■	8	7	5	4	4
EDTA K3E und K2E	■	■	15	10	7	6	5
EDTA Gel K2E	■	■	15	10	10	7	7
Citrat 9NC	■	■	9	8	7	6	5
Citrat 9NC 1,8 ml (Rotor Ø>9 bis ≤ 17 cm)	■	■	n. v.	n. v.	10	n. v.	n. v.
Citrat 9NC 1,8 ml (Rotor Ø>17 cm)	■	■	9	8	7	6	5
GlucoEXACT FC	■	■	9	8	7	6	5
Fluorid EDTA FE	■	■	9	8	7	6	5
Fluorid Heparin FH	■	■	10	10	10	10	10
Homocystein HCY 9NC	■	■	10	10	10	10	10
Homocystein HCY Gel	■	■	n.v.	15	10	10	10

n. v. = nicht validiert

Zentrifugation bei 20 °C

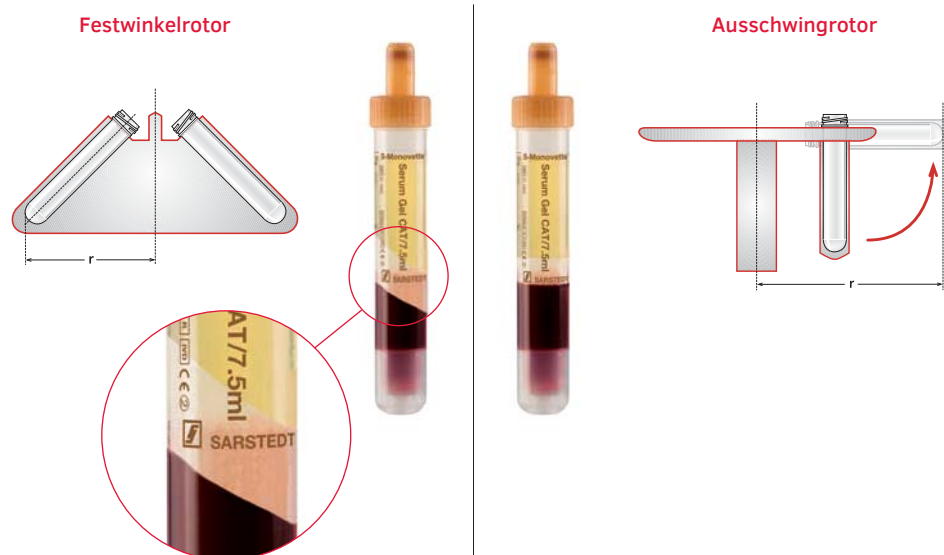
* S-Monovetten mit Ø 8 mm (S-Monovetten Pädiatrie): Zentrifugation bis maximal ≤ 2.500 x g.

** Bitte beachten Sie, dass die S-Monovetten Neutral Z, Serum CAT und Serum Gel CAT vor der Zentrifugation vollständig durchgeronnen sein müssen.

Während der Zentrifugation können sich die Proben erwärmen. Daher empfehlen wir sogenannte Kühlzentrifugen, die die Proben während der Zentrifugation auf die empfohlene Temperatur von 20 °C „kühlen“.

10.3 Unterschied zwischen Festwinkel- und Ausschwingrotor

In einem Festwinkelrotor ist das Probengefäß starr in einem schrägen Winkel angeordnet. Dies führt zu einer entsprechend schrägen Trennschicht zwischen z. B. Blutzellen und Plasma, da das Probengefäß während der Zentrifugation nicht in radialer Richtung (d. h. senkrecht zur Rotorachse) ausgerichtet ist. Im Gegensatz hierzu bewegt sich bei einem Ausschwingrotor der Probenbehälter während der Zentrifugation in eine senkrechte Position zur Rotorachse. So kann die Zentrifugalkraft während der Zentrifugation vom Deckel in Richtung Boden des Probengefäßes wirken und es bildet sich eine waagerechte Trennschicht zwischen z. B. Blutzellen und Plasma.



Für Probengefäße mit Trenngel empfehlen wir ausschließlich die Verwendung von Ausschwingrotoren, um eine gut ausgeformte und waagerechte Geltrennschicht nach der Zentrifugation zu erhalten. Diese ist für die Probenintegrität wesentlich.

Bei der Verwendung von Ausschwingrotoren mit Bechereinsätzen für mehrere Probengefäße kann dennoch eine leichte Schrägstellung des Gels auftreten. Vor allem bei den Proben am Rand oder in den Ecken des Einsatzes wirkt die Zentrifugalkraft nicht ideal in radialer Richtung auf die Probe.

Die daraus resultierende leichte Schrägstellung der Gelschicht stellt keine Beeinträchtigung der Funktionalität des Trenngels dar.

10.4 Fehlerquellen vor und während der Zentrifugation

10.4.1 Serumproben

Nach der Blutentnahme müssen Serumproben mit Gerinnungsaktivator (Silikat bzw. Koalin) für ca. 30 Minuten gerinnen. Dies bedeutet, dass durch Ablauf der Gerinnung die Gerinnungsfaktoren (z. B. Fibrinogen) verbraucht werden und die Blutzellen durch die Umwandlung von Fibrinogen zu Fibrin zu einem Koagulum (Blutkuchen) verklumpen.



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

Wird vor Ablauf der kompletten Gerinnung der Serumprobe zentrifugiert, befinden sich im Serum noch unverbrauchtes Fibrinogen, das in Fibrin umgewandelt wird und (Mikro-)Gerinnsel innerhalb des Serums ausbildet. Diese können bei der Pipettierung und/oder der folgenden Analyse zu Fehlern führen, wodurch Messergebnisse verfälscht werden können. Bei Serumproben mit Trenngel kann die Nichteinhaltung der Gerinnungszeit zusätzlich die Ausbildung einer ordnungsgemäßen und dichten Geltrennschicht verhindern.

Ebenso ist es wichtig, Serumproben während der Gerinnung aufrecht stehend zu lagern. Das Koagulum entsteht in der Form, in der sich die Blutzellen während der Lagerung im Probengefäß befinden. Dies bedeutet, dass wenn die Serumprobe nach der Blutentnahme flach liegt, die Blutzellen entlang des liegenden Probengefäßes sedimentieren und beim Gerinnen ein längliches Koagulum bilden, eine sogenannte „Gerinnungswurst“. Dieses entstandene Gebilde lässt sich zwar während der Zentrifugation zusammendrücken, stellt sich jedoch nach der Zentrifugation ziehharmonikaförmig wieder auf (Wurstphänomen). Das Serum aus einer solchen Probe kann nicht automatisiert pipettiert werden.



- Aufrecht stehend geronnene Probe nach Zentrifugation



- Liegend geronnene Probe nach Zentrifugation

WICHTIG

- Daher ist es wichtig, Serumproben nach der Blutentnahme aufrecht stehend zu lagern.

10.4.2 Zentrifugationstemperatur

Unsere Zentrifugationsbedingungen beziehen sich immer auf eine Zentrifugation bei 20 °C. Werden Probengefäße mit Trenngel bei niedrigeren Temperaturen zentrifugiert, kann dies zu einem unvollständigen Gelaufstieg führen und die Ausbildung einer ordnungsgemäßen und dichten Geltrennschicht verhindern. Auch eine vorherige Lagerung der Proben bei niedriger Temperatur kann zu einem unvollständigen Gelaufstieg führen, wenn die Proben nicht vorher auf Raumtemperatur erwärmt wurden.



Trenngelröhrchen mit unvollständig aufgestiegenem Trenngel nach der Zentrifugation bei 4 °C

10.4.3 Einsätze für Zentrifugenbecher

Stellen Sie sicher, dass die vom Zentrifugenhersteller angegebenen Einsätze inklusive Zentrifugenbecher für Ihre Probenröhrchen verwendet werden. Zu große (im Hinblick auf den Durchmesser) oder zu niedrige Einsätze können dazu führen, dass die Probengefäße verformt werden. Das Überschreiten der maximal erlaubten g-Zahl für die jeweiligen Probengefäße kann ebenfalls zur Schädigung des Probengefäßes oder zu Beeinträchtigungen der Probe führen. Achten Sie auch auf entsprechende Zentrifugeneinsätze für runde, flache oder spitze Probengefäßböden.

10.4.4 RPM oder RCF?

Die Verwechslung der Einstellung von RPM und RCF an den Zentrifugen durch den Anwender führt meist zu falschen Zentrifugationsbedingungen. Dies kann die Probenintegrität (z. B. unvollständige Trennung) und die Analyse (z. B. durch Hämolyse) negativ beeinflussen.

10.4.5 Beladung von Zentrifugen

Um Unwuchten während der Zentrifugation zu vermeiden, sollten die Zentrifugen immer gemäß den Vorgaben des Zentrifugenherstellers beladen werden.

10.5 Weiterführende Informationen zu Trenngelen

In Blutentnahmeröhrchen mit Trenngel bewegt sich das Gel während der Zentrifugation zwischen Überstand und Blutzellen und bildet dabei eine Barriere zwischen diesen beiden Phasen. Dies ist möglich, da das Trenngel eine Dichte aufweist, die zwischen der von Serum bzw. Plasma und der von Blutzellen liegt. Zusätzlich weist das Trenngel thixotrope Eigenschaften auf – unter statischen Bedingungen ist es halbfest, während es unter Krafteinwirkung weniger viskos und damit fließfähig wird.¹ Dadurch kann es sich während der Zentrifugation bewegen und die Trennschicht ausbilden. Der Prozess der Zelltrennung unterscheidet sich selbst bei identischen Trenngelen in Serum- und Plasmaröhrchen. Generell sedimentieren Zellen in Plasmaröhrchen langsamer als in Serumröhrchen. Gleichzeitig beeinflussen das Koagulum im Serumröhrchen sowie die antikoagulierten Zellen im Plasmaröhrchen die Bildung der Geltrennschicht und die Klärung des Überstandes (Details siehe nächster Abschnitt).

Jede Veränderung der normalen Dichte einer Blutprobe kann jedoch die korrekte Ausbildung der Geltrennschicht beeinträchtigen. Auslöser hierfür können eine Erkrankung, exogene Substanzen zur Behandlung oder Diagnose sowie eine Kontamination während der Blutentnahme sein. In den meisten Fällen wird die Dichte der Blutprobe erhöht und die Geltrennschicht bildet sich dann oberhalb des Serums bzw. Plasmas aus.

Erhöhte Plasmaproteine, z. B. durch eine monoklonale Gammopathie:

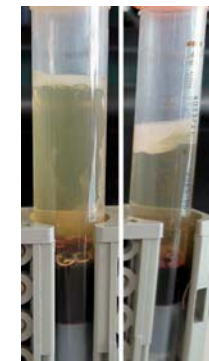
Ein Anstieg der Plasmaproteinkonzentration, wie sie bei einem Multiplen Myelom oder monoklonaler Gammopathie auftritt, kann die Dichte des Plasmas verändern. In Plasmaröhrchen führt dies dazu, dass die Geltrennschicht auf dem Plasma schwimmt. In Serumröhrchen hingegen kann es außerdem dazu kommen, dass das Gel unvollständig separiert und sich mit Serum und Erythrozyten vermischt.^{2,3}

Dichteerhöhung durch exogene Substanzen:

Substanzen mit hoher Dichte, wie z. B. jodhaltige Kontrastmittel, erhöhen die Dichte des Plasmas bzw. Serums. Wird dabei die Dichte des Gels überschritten, steigt das Trenngel dann teilweise oder vollständig an die Oberfläche des Serums bzw. Plasmas.⁴

Dichteverschiebung durch Kontamination:

Bei einer Kontamination mit Natriumlösungen kann die Dichte des Serums bzw. Plasmas so weit erhöht werden, dass das Trenngel nach der Zentrifugation aufschwimmt. Dies tritt insbesondere bei Blutentnahmen über Dialysekatheter auf, wenn die Probe mit Katheterblocklösungen (z. B. Citrate-Lock), die Trinatriumcitrat enthalten, verunreinigt wird. In solchen Fällen kann die relative Dichte des Serums sogar die des Koagulums übersteigen. Die Folge ist eine atypische Schichtung innerhalb des Röhrchens – von oben nach unten: Trenngel – Koagulum mit Blutzellen – Serum.⁵



¹ Mewis J, Wagner NJ. Thixotropy. Adv Colloid Interface Sci. 2009 Mar-Jun;147-148:214-27.

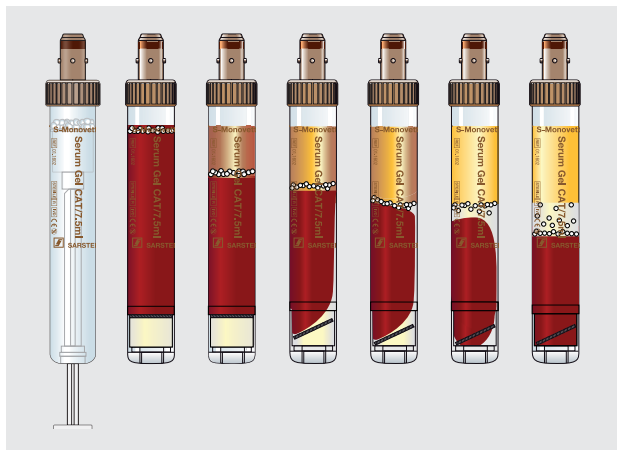
² Pang L, Xing Y, Xing L, Miao L, An C, Li H. Contradictory Phenomenon Between Serum Separator Tube and Plasma Tube: A Case Report. Lab Med. 2021 Sep 1;52(5):e125-e128.

³ van den Ouweland JM, Church S. High total protein impairs appropriate gel barrier formation in BD Vacutainer blood collection tubes. Clin Chem. 2007 Feb;53(2):364-5.

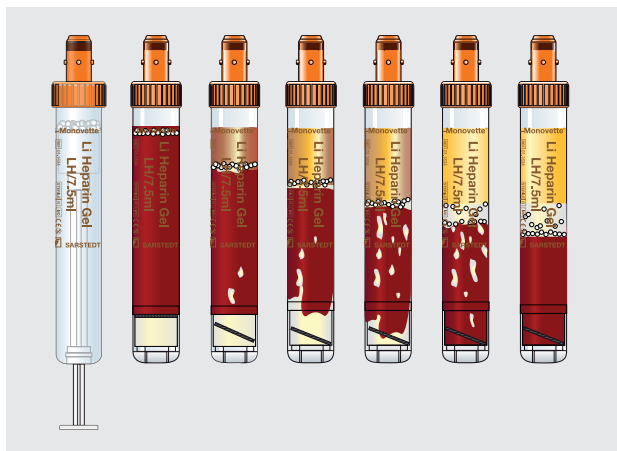
⁴ Spiritus T, Zaman Z, Desmet W. Iodinated contrast media interfere with gel barrier formation in plasma and serum separator tubes. Clin Chem. 2003 Jul;49(7):1187-9.

⁵ Srivastava R, Murphy MJ, Card J, Severn A, Fraser CG. The case of the floating gel. J Clin Pathol. 2004 Dec;57(12):1333-4.

10.5.1 Gelaufstieg während der Zentrifugation



Bei Serum-Probengefäßen mit Trenngel ist der Gerinnungsprozess vor der Zentrifugation bereits abgeschlossen. Dadurch kann das Gel schnell, ungehindert und gleichmäßig kompakt zwischen Koagulum und Gefäßwand aufsteigen und eine Geltrennschicht ausbilden.



Das Blut in Lithium-Heparin-Probengefäßen mit Trenngel ist antikoaguliert und die Blutzellen bzw. die korpuskulären Bestandteile des Blutes sind somit diffus im Blutplasma verteilt. Bei der Zentrifugation erfolgt ein fraktionierter Aufstieg des Gels um die Blutzellen herum. Zwar ist dieser Aufstieg schneller als im Serum, jedoch beginnt sich die Geltrennschicht bereits auszubilden, bevor alle Zellen vollständig vom Plasma getrennt sind. Dies führt zu einer längeren Gesamtzentrifugationszeit als bei vergleichbaren Serum-Probengefäßen mit Trenngel. Die längere Zentrifugationszeit wird benötigt, um sicherzustellen, dass die Zellen durch das Gel vom Plasma getrennt werden.

10.5.2 Re-Zentrifugation

Die auch als Re-Zentrifugation bezeichnete wiederholte Zentrifugation von Probengefäßen ist generell nicht empfohlen.¹

Herstellerübergreifend dürfen Blutentnahmegefäße mit Trenngel nicht erneut zentrifugiert werden, da Zellfragmente und intrazelluläre Bestandteile auf diese Weise von den abzentrifugierten Blutzellen in das Serum bzw. Plasma diffundieren können. Dadurch werden z. B. Werte von zellsensitiven Parametern wie Kalium, Phosphat, Glucose oder LDH verändert.^{2,3}

Der Grund hierfür liegt darin, dass bei der Zentrifugation von Probengefäßen mit Trenngel zwar die Zellbestandteile vom Serum bzw. Plasma durch die Gelschicht getrennt werden, jedoch stets ein geringer Anteil von Serum bzw. Plasma in der Zellfraktion verbleibt. Innerhalb dieser Zellfraktion ist der zelluläre Stoffwechsel zunächst aktiv. Mit zunehmender Zeit sterben jedoch immer mehr Zellen ab, wobei Zellfragmente und intrazelluläre Bestandteile wie Proteine, Enzyme oder Elektrolyte (z. B. Kalium) freigesetzt werden und sich in der Zellfraktion anreichern. Bei einer erneuten Zentrifugation verflüssigt sich das Trenngel, wodurch alle Komponenten mit einer geringeren Dichte als das Trenngel – einschließlich des mit Zellbestandteilen und Stoffwechselprodukten angereicherten Serums bzw. Plasmas aus der Zellfraktion – in die Serum- bzw. Plasmafraktion aufsteigen und sich mit dieser vermischen. Dies führt zu einer Veränderung der Konzentrationen der Analyten und somit zu einer möglichen Verfälschung der Messergebnisse. Das Ausmaß dieser Veränderungen hängt von mehreren Faktoren ab, insbesondere von der Zeitspanne seit der ersten Zentrifugation und dem Ausmaß der Zelllyse, und kann je nach Analyten unterschiedlich stark ausfallen.

In der Literatur lassen sich vereinzelt Publikationen finden, die für **bestimmte** Analyte eine Re-Zentrifugation empfehlen. Diese re-zentrifugierten Proben können jedoch ausschließlich für die Analyse dieser bestimmten Analyte verwendet werden. Andere Messwerte, wie z. B. für Kalium, würden wie zuvor beschrieben verfälscht.

¹ CLSI PRE04, Handling, Transport, Processing, and Storage of Blood Specimens for Routine Laboratory Examinations, 2023

² Shafi H, Sadrzadeh H. The effect of recentrifugation of serum separator tubes on concentration of serum analytes. Ann Clin Lab Sci. 2012 Summer;42(3):318-9.

³ Hira K, Ohtani Y, Rahman M, Noguchi Y, Shimbo T, Fukui T. Pseudohyperkalaemia caused by recentrifugation of blood samples after storage in gel separator tubes. Ann Clin Biochem. 2001 Jul;38(Pt 4):386-90.



11

Lagerung & Transport

Der Probentransport und die Lagerung sind so zu wählen, dass die Konzentration der Analyten in der Probe nicht verändert wird.

11.1 Probentransport

Für richtige Lagerung, Transportbedingungen und Probenversand sind die gültigen Versandvorschriften^{1,2}, sowie die Stabilität der einzelnen Analyte zu berücksichtigen. Dies setzt optimale Organisation voraus.

WICHTIG

> Verantwortlich für den Probenversand und die Wahl des richtigen Transportsystems ist der Versender.

11.1.1 Verpackungsanweisung P650 gemäß ADR und IATA

Vor einem Probentransport von flüssigen biologischen Stoffen der Kategorie B der UN3373 in Verbindung mit Transportboxen und -koffern sollte man sich erkundigen, ob die Proben per Straße, Schiene oder über den Luftweg transportiert werden.

Speziell für diese einzelnen Wege gilt die Verpackungsvorschrift P650, die sich im ADR (Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route – für den Straßen- und Schienenverkehr) und in der IATA (International Air Transport Association – für den Luftverkehr) wiederfindet.

Diese Vorschrift besagt, dass ein Probentransport aus einer 3-Komponenten-Verpackung bestehen muss:

- Primärgefäß (flüssigkeitsdicht)
- Sekundärgefäß (flüssigkeitsdicht)
- starre Außenverpackung
 - bei der mindestens eine Fläche der Außenverpackung eine Mindestabmessung von 100 x 100 mm aufweisen muss
 - mit der Aufschrift „BIOLOGISCHER STOFF, KATEGORIE B“ zusammen 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.



¹ P650 ADR und IATA

² TRBA 100

11.1.2 Probentransport von „Freigestellten medizinischen Proben“

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

3-Komponenten-Verpackung bestehend aus:

- Primärgefäß (wasserdicht)
- Sekundärgefäß (wasserdicht)
- Außenverpackung
bei der mindestens eine Fläche der Außenverpackung eine Mindestabmessung von 100 x 100 mm mit der Aufschrift „FREIGESTELLTE MEDIZINISCHE PROBE“ bzw. „FREIGESTELLTE VETERINÄRMEDIZINISCHE PROBE“ aufweist



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

11.1.3 In-House-Transport gemäß TRBA 100

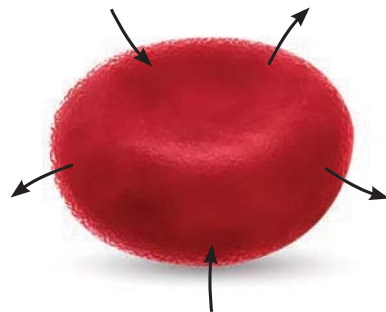
Für einen sicheren innerbetrieblichen Probentransport von biologischen Arbeitsstoffen und Materialien empfehlen die TRBA (Technische Regeln für Biologisches Arbeiten) den Transport in geschlossenen, formstabilen, bruchsicheren, flüssigkeitsdichten und von außen desinfizierbaren Transportgefäßen, die dauerhaft beschriftbar sind. Diese dürfen sich zudem nicht durch äußere Einwirkungen versehentlich öffnen lassen.¹



11.2 Einfluss von Temperatur, Zeit und Zellstoffwechsel

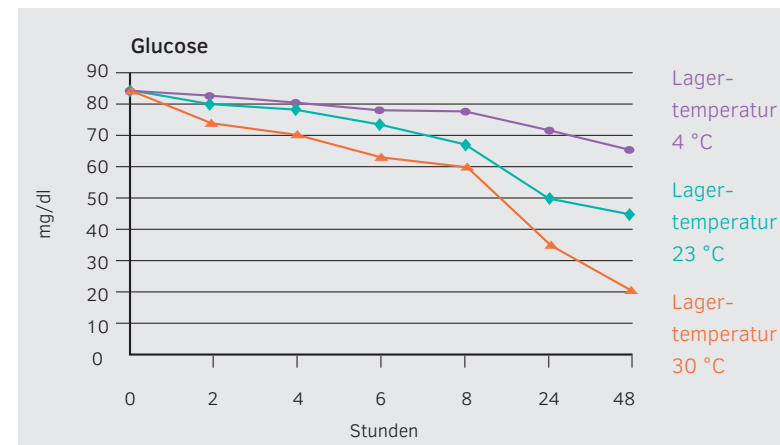
Die Konzentration der Analyten in der Probe kann sich sowohl durch ihre unterschiedliche Stabilität als auch durch den weiterhin aktiven Zellstoffwechsel verändern. Darüber hinaus können mechanische oder physikalische Belastungen zusätzlich die Probe verfälschen.

Blut ist ein lebendes Material. Dementsprechend finden auch nach der Blutentnahme im Probengefäß metabolische Prozesse, aber auch Apoptose und Zellyse, statt. Die Werteveränderungen können je nach Parameter durch spezielle Stabilisatoren im Probengefäß oder durch physikalische Trennung (z. B. Trenngel, Seraplas® Filter, Aliquotierung) unterbunden werden.

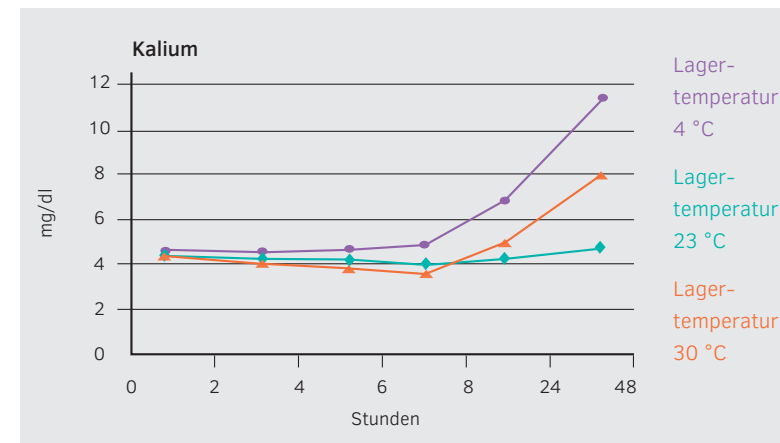


11.3 Einfluss von Lagertemperatur auf Glucose und Kalium

Anhand des Beispiels von Glucose und Kalium sehen Sie, dass es für bestimmte Analyte keine gemeinsame ideale Lagertemperatur gibt. Bei diesen beiden Analyten spielt die Natrium-Kalium-Pumpe der Blutzellen eine entscheidende Rolle. Es wird ATP durch die Glykolyse benötigt, um Kalium, das aus den Zellen diffundiert, wieder aktiv in die Zellen zu pumpen. Wird die Glykolyse durch Kälte (4 °C) gehemmt, fällt der Glucosewert nicht so schnell wie bei höheren Temperaturen, jedoch steht nicht mehr ausreichend ATP für die Natrium-Kalium-Pumpe zur Verfügung, weshalb sich der Kaliumwert im Serum bzw. Plasma durch die Diffusion von Kalium aus den Blutzellen erhöht.



nach Ono et al. 1981¹



nach Ono et al. 1981¹

¹ Ono T, Kitaguchi K, Takehara M, Shiiba M, Hayami K. Serum-constituents analyses: effect of duration and temperature of storage of clotted blood. Clin Chem. 1981 Jan;27(1):35-8. PMID: 7449120.

11.4 Proben richtig transportieren und lagern

Wie bereits am Beispiel von Glucose und Kalium erklärt, weisen unterschiedliche Analyten verschiedene Stabilitäten und Lagerbedingungen auf.^{1,2}

Zentrifugierte Proben ohne Trenngelschicht oder mechanische Trennung (z. B. Ventil-Filter Seraplas®) sollten Sie wie Vollblutproben behandeln, da das Serum bzw. Plasma nicht von den Blutzellen getrennt ist. Bei zentrifugierten und anschließend aliquotierten sowie mechanisch oder durch Gel getrennten Serum- bzw. Plasmaproben gelten für die Analyten meist längere Stabilitäten, die jedoch von der jeweiligen Lagertemperatur abhängen.¹

Grundsätzlich sollten Sie ebenfalls detaillierte Angaben zur Stabilität und Präanalytik einzelner Analyten in den jeweiligen Testbeschreibungen der Hersteller finden.

Unabhängig hiervon sollten Sie einige allgemeine Punkte bei der Lagerung und dem Transport beachten:

- Die Proben sollten Sie zum Schutz vor Auslaufen und Verdunstung verschließen. Durch Verdunstung kann sich die Konzentration von Analyten erhöhen.
- Transportieren und lagern Sie Proben nach Möglichkeit aufrecht stehend und verschlossen.
- Vermeiden Sie mehrfaches Einfrieren und Auftauen. Stellen Sie bei Bedarf ausreichend Aliquoten her.
- Lichtsensitive Analyte, wie Bilirubin, Folsäure und Vitamine, sollten Sie vor Licht schützen und nach Möglichkeit dafür geeignete lichtgeschützte Probengefäße verwenden.
- Für die Stabilisierung von Glucose und/oder Lactat sollten generell Präparierungen mit Fluorid gewählt werden.
- Für Glucose sind Präparierungen mit Citrat, Fluorid und EDTA, wie in der S-Monovette® GlucoEXACT, sogar besser geeignet.
- Nutzen Sie Spezialpräparierungen zur Stabilisierung, wie z. B. die S-Monovette® Homocystein HCY Gel für Homocystein, um spezielle Analyte zu schützen.
- Manche Analyte, wie z. B. Ammonium, sind besonders instabil und sollten so schnell wie möglich und meist gekühlt im Labor analysiert werden oder dort zentrifugiert, aliquotiert und eingefroren werden.
- Für längere Transportwege sollten Sie spezielle Gefrier- oder Kühltransportbehälter verwenden.

Im Folgenden noch allgemeine Empfehlungen für Gerinnungs- und Hämatologieproben.



WICHTIG

- Vollblut oder zentrifugierte Serum- bzw. Plasmaproben ohne Trenngel oder mechanische Trennung dürfen Sie auf keinen Fall einfrieren. Eine völlige Hämolyse wäre die Folge!

11.5 Gerinnungsdiagnostik¹⁻⁴

Proben für Gerinnungsuntersuchungen sollten Sie gemäß den aktuellen Richtlinien ungekühlt bei Raumtemperatur (15–22 °C) und innerhalb möglichst kurzer Zeit transportieren. Idealerweise erfolgt die Durchführung von Routinegerinnungstests wie PT und aPTT innerhalb von vier Stunden nach der Blutentnahme.

aPTT-Tests im Rahmen der Überwachung einer Therapie mit unfractioniertem Heparin sollten Sie idealerweise innerhalb einer Stunde analysieren, da Heparin durch die Freisetzung thrombozytärer Faktoren neutralisiert werden kann. Transportverzögerungen können insbesondere bei instabilen Gerinnungsfaktoren wie FV und FVIII zu verlängerten Gerinnungszeiten und einem Aktivitätsverlust führen.

Bei längeren Transportzeiten oder einer verzögerten Analyse sollten Sie das Plasma zentrifugieren und ein Thrombozyten-freies Aliquot einfrieren.

11.6 Hämatologie

EDTA-Blut für ein kleines Blutbild kann 24 Stunden sowohl bei Raumtemperatur (18–25 °C) als auch bei 4 °C gelagert werden. Abhängig von weiteren Zell- oder Spezialanalysen sind unterschiedliche Lagerbedingungen empfohlen. Generell gilt, dass eine Lagerung über 24 Stunden bei 4 °C erfolgen sollte. Sie sollten jedoch beachten, dass sich die Zellgröße durch die Lagerung bei 4 °C verändert. Abhängig vom Test und Ihrer Gerätekonfiguration müssen Sie ggf. die Proben vor der Messung wieder auf Raumtemperatur erwärmen.⁵⁻⁸

¹ CLSI H21, Collection, Transport, and Processing of Blood Specimens for Testing Plasma-Based Coagulation Assays, 2024

² Kitchen S, Adcock DM, Dauer R, Kristoffersen AH, Lippi G, Mackie I, Marlar RA, Nair S. International Council for Standardization in Haematology (ICSH) recommendations for processing of blood samples for coagulation testing. Int J Lab Hematol. 2021 Dec;43(6):1272–1283. doi: 10.1111/ijlh.13702. Epub 2021 Sep 27.

³ Favaloro EJ, Funk (Adcock) DM, Lippi G. Pre-analytical Variables in Coagulation Testing Associated With Diagnostic Errors in Hemostasis, Laboratory Medicine, Volume 43, Issue 2, February 2012, Pages 1–10

⁴ Endler G, Slavka G, Perkmann T, Haushofer A. The importance of preanalytics for the coagulation laboratory. Hamostaseologie. 2010 May;30(2):63–70; quiz 71–2. German.

⁵ Tatsumi N, Miwa S, Lewis SM; International Society of Hematology, and the International Council for Standardization in Haematology. Specimen collection, storage, and transmission to the laboratory for hematological tests. Int J Hematol. 2002 Apr;75(3):261–8.

⁶ Wu DW, Li YM, Wang F. How Long can we Store Blood Samples: A Systematic Review and Meta-Analysis. EBioMedicine. 2017 Oct;24:277–285. doi: 10.1016/j.ebiom.2017.09.024. Epub 2017 Sep 23.

⁷ Unalli OS, Ozarda Y. Stability of hematological analytes during 48 hours storage at three temperatures using Cell-Dyn hematology analyzer. J Med Biochem. 2021 Jun 5;40(3):252–260.

⁸ Lao Y, Quach A, Perveen K, Hii C, Ferrante A. Effects of blood sample storage time, temperature, anti-coagulants and blood stabiliser on lymphocyte phenotyping. Pathology. 2024 Jun;56(4):571–576.

¹ Ehret, W, and World Health Organization. Use of Anticoagulants in Diagnostic Laboratory Investigations. Geneva: World Health Organization, 1999. Print. https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/65957/WHO_DIL_LAB_99.1_REV.2.pdf

² Hedayati M, Razavi SA, Boroomand S, Kheradmand Kia S. The impact of pre-analytical variations on biochemical analytes stability: A systematic review. J Clin Lab Anal. 2020 Dec;34(12):e23551. doi: 10.1002/jcla.23551. Epub 2020 Sep 1.

11.7 Checkliste für den Transport

- Verschließen Sie die Proben, um Verdunstung zu vermeiden.
- Lagern Sie Serum und Plasma bei 4–8 °C.
- Stellen Sie die Proben zur Lagerung aufrecht hin.
- Lagern Sie EDTA-Proben für das Blutbild bei Raumtemperatur.
- Vermeiden Sie mehrfaches Einfrieren und Auftauen.
- Schützen Sie licht-sensitive Analyten, wie z. B. Bilirubin und Vitamine, vor Tageslicht.
- Verwenden Sie spezielle Präparierungen zur Stabilisierung, z. B. die S-Monovette® Homocystein HCY Gel für Homocystein.

11.8 Moderner Rohrpost-Transport

Rohrpost-Transportsysteme können die Zeit zwischen Blutentnahme und Analyseergebnis erheblich verkürzen. Moderne Rohrpostsysteme, wie z. B. das Tempus1800® System, sind mittlerweile so schonend, dass neben klinisch-chemischen Proben ebenfalls Hämatologie- und Gerinnungsproben erfolgreich ohne klinisch-relevante Einflüsse versandt werden können.^{1–8} Hierbei scheint neben dem verwendeten Rohrpostsystem und der individuellen Streckenführung ebenso die Geschwindigkeit einen entscheidenden Einfluss zu haben. Während einige Autoren in ihren Studien Geschwindigkeiten um die 2 m/s^{3,10} nennen, können andere ihre Proben mit 6 m/s^{1,5,6,7,8,10} oder sogar 10 m/s^{1,2,4} versenden, ohne signifikante Einflüsse auf Hämolyse und Gerinnung zu erhalten. Unter den richtigen präanalytischen Voraussetzungen, wie geschützter Transport, zeitnahe Messung und vollständiges Entlüften vermögen einige Autoren in ihren Studien auch Blutgasproben, ohne klinisch relevante Einflüsse, auch für pO₂, versenden zu können.^{1,5,9,10} Dennoch sollten Sie Ihr Rohrpostsystem entsprechend für den Versand Ihrer Proben validieren^{3–8} und folgende Ratschläge beherzigen:

- Behutsame Beschleunigung, sanfte Radien und Profile
- Sanftes Abbremsen oder Auslaufenlassen
- Bei Rohrpostbüchsen Dämpfungseinsätze oder -polster verwenden
- Serumproben erst nach Ablauf der Gerinnung versenden

¹ Makhlof R, Fendri S, Jallouli D, Labiadh Z, Fritis L, Chaabouni K, Elleuch A, Ayadi FM. Influence of pneumatic tube delivery system on laboratory results. Ann Clin Biochem. 2024 May;61(3):210–217.

² Yu J, Zhu G, Cui K, Yu D, Bayartaikishigtai D, Chen Z, Zhou Z. Comparison of the speed and quality of innovative and traditional pneumatic tube system transport outside of an emergency laboratory. Heliyon. 2024 May 17;10(10):e31511.

³ Lima-Oliveira G, Lippi G, Salvagno GL, Dima F, Brocco G, Picheth G, Guidi GC. Management of preanalytical phase for routine hematological testing: is the pneumatic tube system a source of laboratory variability or an important facility tool? Int J Lab Hematol. 2014 Aug;36(4):e37–40.

⁴ Lee AJ, Suk Suh H, Jeon CH, Kim SG. Effects of one directional pneumatic tube system on routine hematology and chemistry parameters; A validation study at a tertiary care hospital. Pract Lab Med. 2017 Jul 19;9:12–17.

⁵ Pupek A, Matthewson B, Whitman E, Fullarton R, Chen Y. Comparison of pneumatic tube system with manual transport for routine chemistry, hematology, coagulation and blood gas tests. Clin Chem Lab Med. 2017 Aug 28;55(10):1537–1544.

⁶ Kumari S, Kumar S, Bharti N, Shekhar R. Impact of Pneumatic Transport System on Preanalytical Phase Affecting Clinical Biochemistry Results. J Lab Physicians. 2022 Jul 26;15(1):48–55.

⁷ Slavík L, Úlehlová J, Bradáčová P, Chasáková K, Hluší A, Palová M, Entrová A. The Modern Pneumatic Tube System Transports with reduced Speed Does Not Affect Special Coagulation Tests. J Med Syst. 2020 Jul 21;44(9):142.

⁸ Koçak FE, Yöntem M, Yücel O, Cilo M, Genç O, Meral A. The effects of transport by pneumatic tube system on blood cell count, erythrocyte sedimentation and coagulation tests. Biochem Med (Zagreb). 2013;23(2):206–10. doi: 10.11613/bm.2013.024.

⁹ Collinson PO, John CM, Gaze DC, Ferrigan LF, Cramp DG. Changes in blood gas samples produced by a pneumatic tube system. J Clin Pathol. 2002 Feb;55(2):105–7.

¹⁰ Zanner R, Moser N, Blobner M, Luppa PB. Transport of blood gas samples: is the pneumatic tube system safe?. Anaesthesist. 2006 Oct;55(10):1099–104. German.

11.8.1 Tempus1800® System

Beim Tempus1800® System erfolgt der Transport – im Gegensatz zu Rohrpostsystemen – ohne Transportbüchse und mit **unverpackten Blutentnahmegefäßen**. Dadurch können Sie die Proben **direkt in das Automatisierungssystem** des Labors versenden. Dies ermöglicht einen echten One-Touch-Betrieb und verkürzt die Total-Turn-Around-Time (ToTAT) für Analysen und Befunderstellung erheblich.



Bei Interesse finden Sie weiterführende Informationen zum Tempus1800® System und dessen Möglichkeiten hier:

<https://tempus1800.sarstedt.com/>



12

Die Urinprobengewinnung

Schon Hippokrates untersuchte um 400 v. Chr. Geruch und Farbe von Urin, und auch heute noch spielt die Urinanalytik eine zentrale Rolle für die diagnostische Untersuchung.

12.1 Hinweise zur Probengewinnung

Jede Art von Urinprobe bedarf einer hygienischen Vorgehensweise unter Beachtung folgender Regeln:

- Der Patient sollte über die richtige Art der Urinprobengewinnung aufgeklärt werden.
- Vor der Probengewinnung sind Hände und Genitalbereich gründlich zu reinigen und anschließend mit einem sauberen Tuch abzutrocknen.
- Zur Urindiagnostik ist in der Regel der erste Morgenurin am besten geeignet. Um Kontaminationen zu vermeiden, sollten wenn möglich die Proben aus Mittelstrahlurin gewonnen werden (vgl. hierzu Abschnitt 12.4.1 Mittelstrahlurin, S. 121). Dazu wird zunächst eine kleine Menge Urin in die Toilette abgegeben und dann, ohne den Urinstrahl zu unterbrechen, der Mittelstrahlurin im Urinbecher aufgefangen, bis dieser mindestens halb voll ist.
- Der Urin sollte in dafür vorgesehenen Einweg-Sammelbechern/-flaschen¹ aufgefangen werden.
- Die Gefäße müssen sauber und trocken, für bakteriologische Untersuchungen zusätzlich steril sein.
- Die Gefäße sind sorgfältig mit einem wasserfesten Stift zu beschriften, um Verwechslungen zu vermeiden.
- Uringewinnung während oder kurz nach der Menstruation vermeiden (da dies eine Kontamination des Urins mit Blut verursachen kann.) Die Urinprobe sollte möglichst vor Beginn einer antibakteriellen Therapie gewonnen werden.

¹ CLSI PRE05, Processes for the Collection of Urine Specimens, 2024

12.2 Lagerung & Transport

Urinproben sollten nicht dem direkten Sonnenlicht und Wärme ausgesetzt werden. Zum Schutz lichtempfindlicher Analyten können Gefäße mit Lichtschutz Eigenschaft verwendet werden.

Mit Ausnahme von 24-Stunden-Sammelurin sollte die Analytik innerhalb der ersten zwei Stunden erfolgen. Ist dies nicht möglich, sollte der Urin bei einer Temperatur von +2 °C bis +8 °C gelagert werden, wodurch die Probenstabilität für einige Analyten verlängert werden kann. Je nach Parameter können bzw. sollten entsprechende Stabilisatoren für die Lagerung eingesetzt werden.

WICHTIG

> Lange Standzeiten können z. B. zu folgenden Veränderungen führen:

- Zerfall von Leukozyten und Erythrozyten
- Bakterielle Vermehrung
- Bakterieller Abbau von Glucose

Vor der Untersuchung sollten Proben auf Raumtemperatur gebracht und unmittelbar vor der Verwendung eines Teststreifens gut durchmischt werden.

12.3 Arten der Analytik

Urin kann auf verschiedenste Weise analysiert werden. Hier einige der gängigsten Methoden:

12.3.1 Streifentest

Handelsübliche Teststreifen für die chemische Harnanalyse ermöglichen je nach Anzahl der Testfelder die Überprüfung diverser Werte wie z. B. spezifisches Gewicht, Hämoglobin, Glucose, pH, Protein, Leukozyten etc. Die durch den Vergleich des Testfeld-Farbumschlags mit der Farblegende erhaltene Information ist nur ein erster Indikator und sollte durch weitere Untersuchungen präzisiert werden. Wichtig ist, dass der Teststreifen vollständig und intensiv benetzt wird sowie vor dem Ablesen entsprechend abtrocknet. Die korrekten Inkubationszeiten sind einzuhalten, die erforderlichen Informationen hierzu entnehmen Sie bitte den Herstellerangaben.



Die Urin-Monovette® ist geeignet für Probenaufnahme, Transport, als Behältnis zum Eintauchen des Teststreifens und zur Zentrifugation.

12.3.2 Urinsediment-Überprüfung

Das Urin- oder auch Harnsediment ist eine Aufbereitung des Urins zur mikroskopischen oder durchflusszytometrischen Beurteilung der festen Bestandteile des Urins. Dies kann Hinweise auf Nieren- oder Harnwegserkrankungen geben.

Für die Bildung des Urinsediments wird ein definierter Teil (z. B. 10 ml) einer Urinprobe zentrifugiert (5 Minuten bei 400 x g) und der Überstand abdekantiert, sodass ca. 0,5 ml Urin verbleiben. Das Sediment wird mit dem verbliebenen Urin aufgemischt und anschließend mikroskopiert.

Folgende Parameter können z. B. mit einem Mikroskop beurteilt werden:

- Zellen wie z. B. Erythrozyten, Leukozyten, Epithelzellen etc.
- Zylinder wie z. B. hyaline Zylinder, granulierte Zylinder, zellhaltige Zylinder etc.
- Andere Elemente wie z. B. Hefezellen, Bakterien, Harnkristalle

12.3.3 Klinisch-chemische Untersuchung

Klinisch-chemische Untersuchungen ermöglichen semiquantitativ und quantitative Ergebnisse für mehr Spezifität bei Screening-Untersuchungen (z. B. in der Schwangerschaft) oder der Diagnoseerstellung bei Herz-, Leber- oder Nierenerkrankungen sowie Tumoren.

Folgende Parameter können z. B. mittels klinisch-chemischer Analytik untersucht werden:

Elektrolyte, Kreatinin, Albumin, α2-Makroglobulin, α1-Mikroglobulin, Bence-Jones-Proteine, Glucose, 5-Hydroxyindolessigsäure, Immunglobuline, Proteine, Katecholamine, Porphyrine, Vanillinmandelsäure (VMS).



12.3.4 Mikrobiologische Untersuchung

Bei Verdacht auf eine Harnwegsinfektion nach positivem Teststreifentest und auffälligem Harnsediment ist es zwingend erforderlich, eine Keimbestimmung (Keimdifferentenzierung, Keimzahlbestimmung und später Therapiekontrollen der Antibiose) durchzuführen. Dies gibt Aufschluss über die Art und Menge der Infektionserreger (meist Bakterien, ggf. Pilze).

WICHTIG

- Die Probengewinnung sollte vor Beginn der Antibiotikatherapie erfolgen. Bei späterer Therapiekontrolle sollte das Labor über die aktuelle Antibiose informiert werden.

Urin-Monovette® mit Borsäure

Für Urinproben zur mikrobiologischen Diagnostik kann – sofern die Analyse innerhalb von zwei Stunden (Raumtemperatur) oder innerhalb von 48 Stunden bei Kühlung erfolgt – eine Urin-Monovette® ohne Präparation verwendet werden. Ist eine zeitgerechte Analyse oder Kühlung jedoch nicht möglich (gemäß Richtlinien von EFLM¹ und CLSI), wird der Einsatz einer Urin-Monovette® Borsäure empfohlen. Die Urin-Monovette® Borsäure stabilisiert das Wachstum harnpathogener Mikroorganismen im Urin bei Raumtemperatur für bis zu 48 Stunden, ohne deren Lebensfähigkeit zu beeinträchtigen – ein entscheidender Faktor für mehr diagnostische Sicherheit.

(<https://www.sarstedt.com/literature-boricacid>)



Urin-Monovette® Borsäure

WICHTIG

- Nennvolumen einhalten (10 % Abweichung zulässig)
- Nach der Entnahme mind. 5 x invertieren
- Nicht geeignet für klinisch-chemische Analysen, Sedimentuntersuchung, Streifentests etc.

12.3.5 Drogennachweis

Ein Drogennachweis ist eine sensible Untersuchung, da ein positives Ergebnis erhebliche persönliche und berufliche Konsequenzen haben kann.

Urin wird dabei häufig als Probenmaterial eingesetzt. Die Gewinnung ist unkompliziert, und viele Substanzen sowie deren Metaboliten lassen sich im Urin länger nachweisen als im Blut oder Speichel. Dies ermöglicht den Nachweis sowohl eines kürzlich erfolgten Konsums als auch von Konsumereignissen, die mehrere Tage zurückliegen. Gleichzeitig ist Urin leichter zu manipulieren als andere Probenarten. Versuche, ein negatives Ergebnis zu erzielen, können z. B. durch starke Verdünnung durch exzessives Trinken, die Abgabe von Fremdurin oder die Zugabe chemischer Substanzen erfolgen. In der Praxis kommen auch kommerzielle Präparate zum Einsatz, die die Nachweisbarkeit beeinflussen sollen.

Um Manipulationen zu erkennen, werden bei standardisierten Testverfahren zusätzliche Parameter kontrolliert – etwa Temperatur unmittelbar nach der Abgabe, Kreatininkonzentration, Dichte, pH-Wert oder der Nachweis oxidativer Zusätze. Diese Kontrollen sind Bestandteil gängiger Standards, wie sie z. B. durch die EFLM, das CLSI oder im US-amerikanischen Bereich durch die SAMHSA festgelegt sind.

12.4 Arten von Urinproben

Man unterscheidet je nach Zeitpunkt und Art der Sammlung diverse Arten von Urinproben.

12.4.1 Mittelstrahlurin

Grundsätzlich ist eine Urinprobengewinnung aus Mittelstrahlurin empfehlenswert, um eine möglichst reine Probe zu erhalten. Eine klare, verständliche Aufklärung der Patienten ist essenziell für eine verwertbare Urinprobe ohne Verunreinigung.

Man unterscheidet innerhalb der Mittelstrahlurinerhebung zwischen folgenden Urinarten:

12.4.1.1 Erster Morgenurin

Der erste am Morgen gelassene Urin ist in seinen Bestandteilen höher konzentriert.

■ Anwendungsbereiche:

Geeignet für bakterielle Untersuchungen, Teststreifen, Sediment, klinisch-chemische Untersuchungen, Proteindiagnostik.

■ Vorteil:

Aufgrund der langen Verweilzeit in der Blase ist der Morgenurin gut geeignet zum Nachweis von Nitrit und Protein.

¹ Kouri TT, Hofmann W, Falbo R, Oyaert M, Schubert S, Gertsens JB, Merens A, Pestel-Caron M; Task and Finish Group for Urinalysis (TFG-U), European Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (EFLM). The EFLM European Urinalysis Guideline 2023. Clin Chem Lab Med. 2024 Jun 5;62(9):1653-1786.

12.4.1.2 Zweiter Morgenurin

Der zweite Morgenurin liefert am ehesten die Durchschnittswerte für einzelne Parameter und kann in Einzelfällen als Ersatz für 24-Stunden-Sammelurin herangezogen werden.

- **Anwendungsbereiche:**
Teststreifen, Glucose, Protein
- **Nachteil:**
Ungeeignet für Nitrit-Test

12.4.1.3 Spontanurin

Der Urin kann zu einem beliebigen Zeitpunkt gewonnen werden. Die Spontanurin-Entnahme erscheint sinnvoll bei Verdacht auf Harnwegsinfektion oder Intoxikation.

- **Anwendungsbereich:**
Ist für viele chemische und mikroskopische Parameter völlig ausreichend
- **Vorteil:**
Leicht zu gewinnen
- **Nachteil:**
Verdünnungsfehler – zur korrekten Beurteilung immer das spezifische Gewicht (Dichte) berücksichtigen

12.4.2 Katheterurin

Bei der Probennahme aus Kathetern unterscheidet man zwischen Einmalkatheter- und Dauerkatheter-Entnahme.

12.4.2.1 Einmalkatheterurin

Die Gewinnung des Urins durch Einmalkatheterisierung wird sehr selten durchgeführt, da sie für den Patienten schmerzhaft und das Infektionsrisiko hoch ist.

12.4.2.2 Dauerkatheterurin

Bei Patienten mit einem liegenden Urinkatheter ist diese Art der Urinprobengewinnung die einfachste und hygienischste Methode. Der Urin soll jedoch nur aus dem speziellen Adapter am Zuleitungsschlauch und nicht aus dem Sammelbeutel entnommen werden.

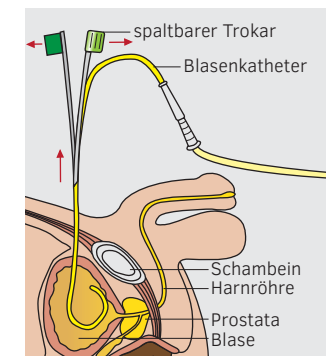


WICHTIG

- Für diagnostische Zwecke sollte kein Urin aus den Urinbeuteln gewonnen werden.

12.4.3 Blasenpunktionsurin

Die Blasenpunktion erfolgt suprapubisch und unter strikter Einhaltung steriler Kautelen. Durch die invasive Art der Urinprobengewinnung birgt diese Methode zwar die geringste Probenkontaminationsgefahr, wird jedoch am seltensten durchgeführt. In der Pädiatrie können die Vorteile dieser Methode allerdings die Nachteile der klassischen Entnahme (besonders für bakterielle Untersuchungen) überwiegen.



12.4.4 24-Stunden-Sammelurin

Der Urin wird über einen Zeitraum von 24 Stunden vollständig gesammelt. Patienten sammeln diese Art der Urinprobe daher in der Regel eigenverantwortlich, was eine eindeutige Erklärung durch Fachpersonal unverzichtbar macht.

- **Anwendungsbereiche:**
Typische Anwendungsgebiete sind u. a. die Bestimmung von Katecholaminen, der Kreatinin-Clearance oder weiterer Parameter im Rahmen nephrologischer oder endokrinologischer Diagnostik. Bei der Analyse instabiler Substanzen (z. B. Katecholamine) ist die Zugabe eines Stabilisators – in der Regel 20 %ige Salzsäure (HCl) – erforderlich, um den Abbau während der Sammelphase zu verhindern. Der Stabilisator sollte bereits vor Beginn der Sammlung im Sammelgefäß enthalten sein oder nach spezifischer Anweisung hinzugefügt werden.

Für eine einfache und sichere Handhabung stehen gebrauchsfertige Systeme wie das UriSet 24 NFT zur Verfügung. Dieses enthält u. a. bereits den passenden Stabilisator und einen Auffangbecher, um die Sammlung insbesondere für Patientinnen zu erleichtern.

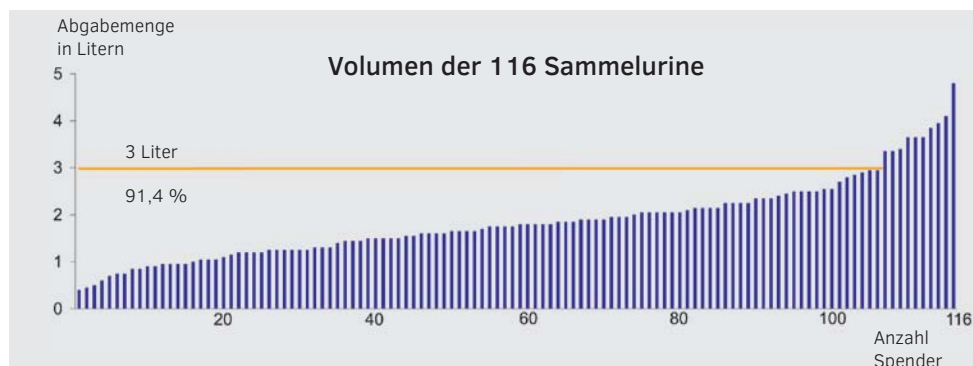


Urin-Sammelvolumen

Das Fassungsvermögen der Sammelflasche spielt eine wichtige Rolle bei der korrekten Durchführung der 24-Stunden-Sammlung. Ein Versuch zeigt, dass ein Behälter mit 2.000 ml Volumen bei nur ca. 60 % der Patienten ausreichend ist. In diesen Fällen muss daher eine zweite Flasche bereitgestellt werden.

Das führt zu mehreren Nachteilen:

- Es müssen zwei separate Probenröhrchen ins Labor gesendet werden – jeweils mit Angabe der Gesamtmenge Urin der entsprechenden Flasche.
- Im Labor müssen die Proben im richtigen Mengenverhältnis gemischt werden, was fehleranfällig ist.
- Falls die Analyse einen Stabilisator erfordert (z. B. bei Katecholaminen), kann es passieren, dass der Urin der zweiten Flasche ohne Stabilisator gesammelt wird und Ergebnisse dadurch verfälscht werden.



FAZIT

- Um diesen zusätzlichen Aufwand und mögliche Fehlerquellen zu vermeiden, sollte von Anfang an eine Sammelflasche mit 3.000 ml Volumen verwendet werden.

12.5 Durchführung der Urinprobengewinnung

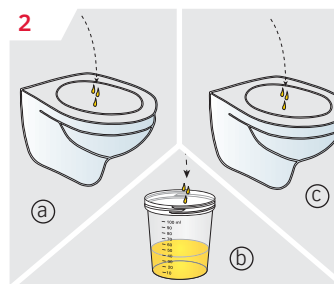
Im Folgenden wird beschrieben, wie Urinproben als Mittelstrahlurin in einem Urinbecher, als 24-Stunden-Sammelurin in einer 3-l-Urinsammelflasche sowie direkt aus einem Katheter gesammelt und entnommen werden. Für die Entnahme aus Urinbecher und Sammelflasche empfiehlt sich das nadelfreie Transfersystem (NFT), das eine hygienische und sichere Probengewinnung ermöglicht. Dieses geschlossene System besteht aus Urin-Monovette®, Urin-Becher NFT und Urin-Sammelflasche NFT und gewährleistet sowohl für Anwender als auch für Patienten saubere und komfortable Arbeitsbedingungen während des gesamten Probengewinnungsprozesses.

12.5.1 Mittelstrahlurin



1. Vorbereitung und Hygiene:

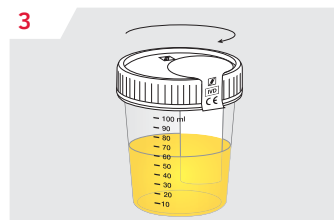
Gründliche Reinigung und Trocknen der Hände und des äußeren Genitalbereichs.



2. Urinsammlung:

Urinbecher öffnen und den Deckel ablegen, ohne dass die Innenseite mit Händen oder Oberflächen in Kontakt kommt.

Erste Urinportion in die Toilette abgeben (Abb. 2 a). Ohne den Harnfluss zu unterbrechen, den Mittelstrahl direkt im Urinbecher auffangen (Abb. 2 b). Restlichen Urin in Toilette entleeren (Abb. 2 c).



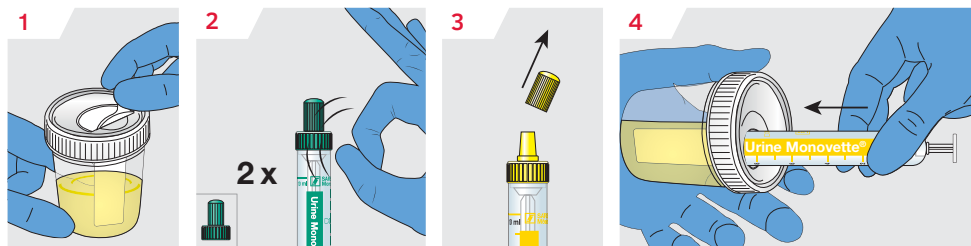
3. Nachbereitung:

Becher fest verschließen, dabei Innenseite des Deckels nicht berühren. Becher mit Namen und ggf. Geburtsdatum beschriften und sofort an das zuständige Personal übergeben.

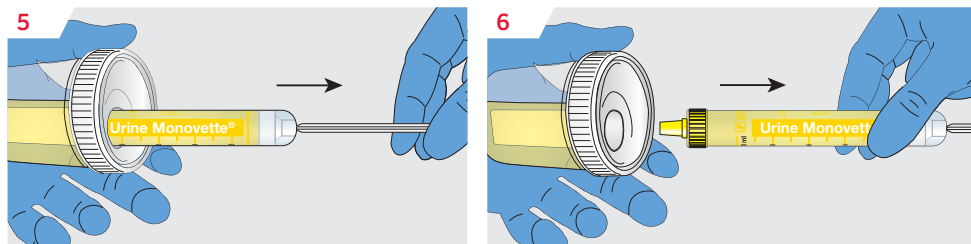
12.5.1.1 Urinentnahme aus einem geschlossenen Urinbecher

Die geschlossene Entnahme aus dem Urin-Becher NFT ermöglicht eine hygienische Gewinnung von Urinproben, ohne den Becher öffnen zu müssen. So wird das Risiko einer Kontamination minimiert und die Arbeitssicherheit erhöht.

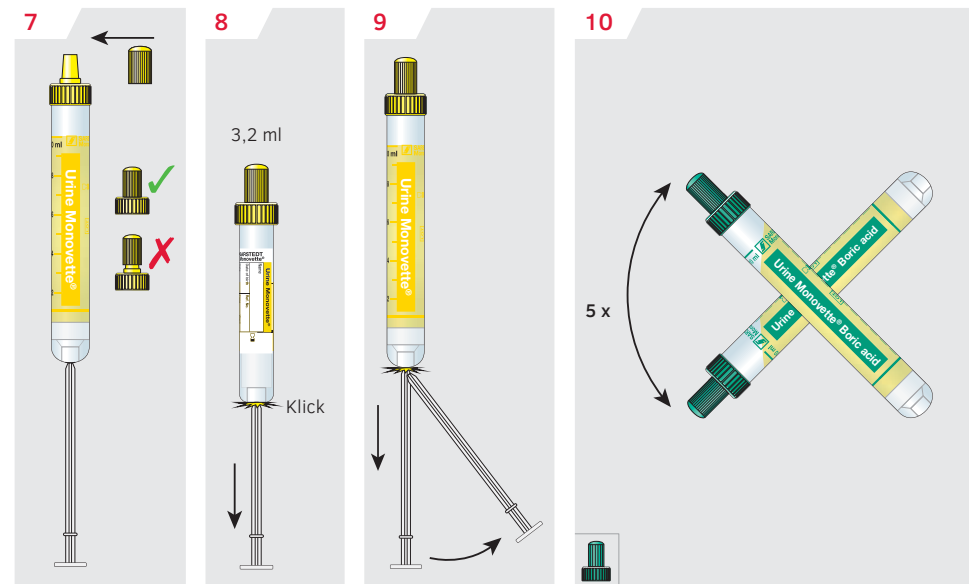
Die genaue Durchführung wird im Folgenden Schritt für Schritt mit Abbildungen erläutert.



1. Entfernen Sie das Sicherungsetikett.
2. Nur Urin-Monovette® Borsäure: Halten Sie die Urin-Monovette® Borsäure senkrecht mit der Spitze nach oben und klopfen Sie die Urin-Monovette® zweimal an, sodass sich die Borsäure unten sammelt.
3. Entfernen Sie den Stopfen an der Luer-Schraubkappe. Bewahren Sie diesen für später auf.
4. Stellen Sie sicher, dass der NFT-Becher handfest verschlossen wurde! Legen Sie den Urin-Becher NFT auf die Seite, sodass die integrierte nadelfreie Transfereinheit parallel zur Tischoberfläche verläuft. Führen Sie die Urin-Monovette® mit dem Luer-Anschluss voran in die nadelfreie Transfereinheit ein und stellen Sie sicher, dass der Luer-Konus die Membran vollständig durchdringt und die Urin-Monovette® klemmfest sitzt. Nur Urin-Monovette® Borsäure: Stellen Sie sicher, dass die Kolbenstange dabei nicht weiter in die Urin-Monovette® gedrückt wird, um das Austreten von Borsäure zu vermeiden.



5. Ziehen Sie mit der Kolbenstange den Kolben bis zum Urin-Monovette®-Boden und warten Sie, bis kein Urin mehr fließt.
6. Lösen Sie die Urin-Monovette® aus der nadelfreien Transfereinheit.

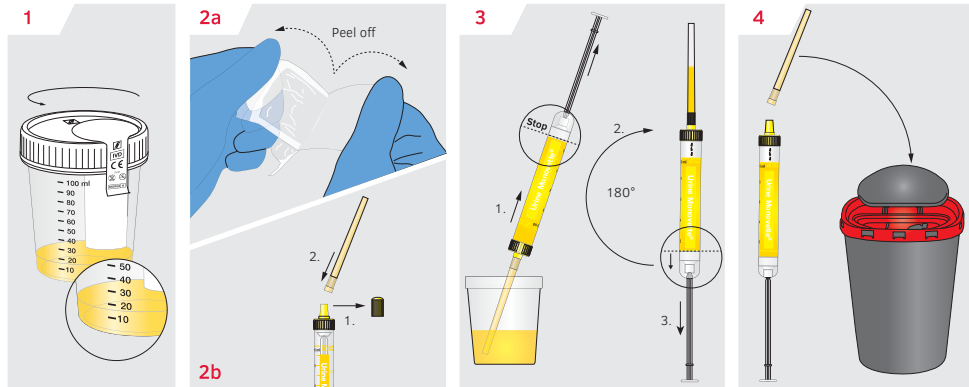


7. Drehen Sie die Urin-Monovette® aufrecht, sodass die Spitze nach oben zeigt, und verschließen Sie die Urin-Monovette® sicher mit dem zuvor beiseitegelegten Stopfen. Stellen Sie sicher, dass keine Lücke zwischen Stopfen und Schraubkappe bleibt.
8. Nur bei Verwendung einer Urin-Monovette® Z 3,2 ml oder Urin-Monovette® Borsäure 3,2 ml: Ziehen Sie die Kolbenstange nach unten, bis der Kolben hörbar in der Endposition einrastet.
9. Brechen Sie die Kolbenstange ab.
10. Nur Urin-Monovette® Borsäure: Schwenken Sie die Urin-Monovette® Borsäure etwa 5-mal kopfüber oder bis die Präparierung vollständig gelöst ist.

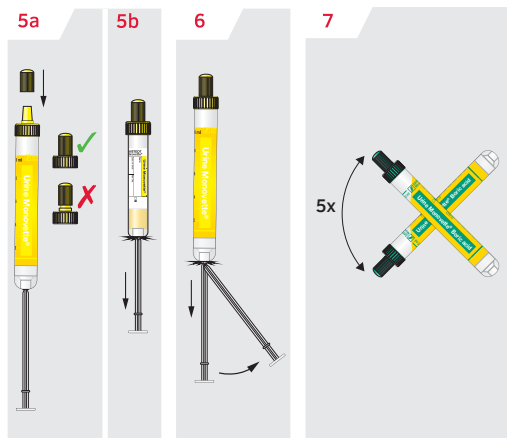
12.5.1.2 Urinentnahme aus einem geöffneten Urinbecher

Steht kein geschlossenes Transfersystem zur Verfügung oder ist nur ein geringes Probenvolumen vorhanden, kann die Urinentnahme auch hygienisch aus einem geöffneten Urinbecher mit der Urin-Monovette® erfolgen.

Die genaue Durchführung wird im Folgenden Schritt für Schritt mit Abbildungen erläutert.



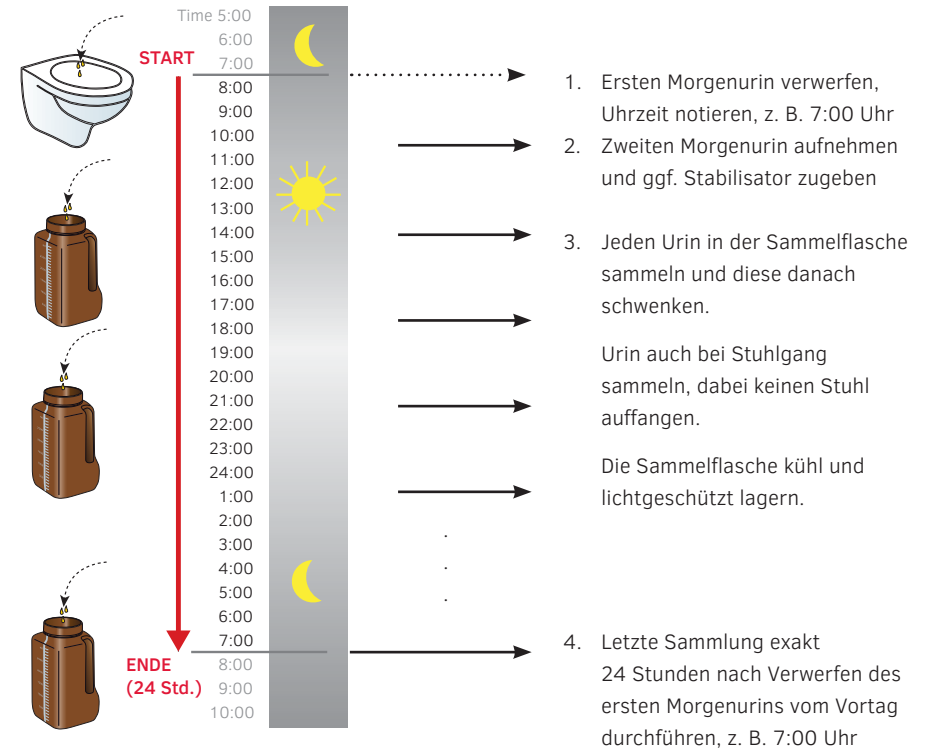
1. Bereiten Sie die Urinprobe durch sorgfältiges Schwenken des Urinbechers für die Entnahme vor und öffnen Sie diesen.
2. Nur für einzeln steril verpackte Urin-Monovetten: Öffnen Sie die Blisterverpackung mit Daumen und Zeigefinger mittels der Peel-Off Technik. Die transparente Folie muss nach oben zeigen (Abb. 2a). Halten Sie die Urin-Monovette® senkrecht mit der Spitze nach oben und entfernen Sie den Stopfen an der Luer-Schraubkappe. Bewahren Sie diesen für später auf. Setzen Sie eine Entnahmespitze auf den Luer-Anschluss auf und vergewissern Sie sich, dass die Entnahmespitze fest sitzt (Abb. 2b).
3. Tauchen Sie nun die Entnahmespitze in den Urinbecher und ziehen Sie die Kolbenstange nur so weit nach hinten, bis der Kolben die Basislinie am Rand des Produktetiketts erreicht hat und die Urin-Monovette® mit Urin befüllt ist. Nehmen Sie die Urin-Monovette® aus der Flüssigkeit und halten Sie sie senkrecht mit der Entnahmespitze nach oben. Zum Entleeren der Entnahmespitze ziehen Sie nun die Kolbenstange bis zum Anschlag nach unten.
4. Ziehen Sie die Entnahmespitze ab und werfen Sie diese in einen Entsorgungsbehälter für biologische Gefahrstoffe.



5. Drehen Sie die Urin-Monovette® aufrecht, sodass die Spitze nach oben zeigt und verschließen Sie die Urin-Monovette® sicher mit dem zuvor beiseitegelegten Stopfen. Stellen Sie sicher, dass keine Lücke zwischen Stopfen und Schraubkappe bleibt. (Abb. 5a). Nur bei Verwendung einer Urin-Monovette® Z 3,2 ml oder Urin-Monovette® Borsäure 3,2 ml: Ziehen Sie die Kolbenstange nach unten, bis der Kolben hörbar in der Endposition einrastet (Abb. 5b).
6. Brechen Sie die Kolbenstange ab.
7. Nur bei Verwendung einer Urin-Monovette® Borsäure: Schwenken Sie die Urin-Monovette® Borsäure etwa 5-mal kopfüber oder bis die Präparierung vollständig gelöst ist.

12.5.2 24-Stunden-Urin

Jeder Urin, inklusive jener beim Stuhlgang, muss aufgefangen und in den Sammelbehälter überführt werden – ohne Kontamination durch Stuhl. Die vollständige Sammlung ist essenziell, da durch den 24-Stunden-Zeitraum tageszeitliche Konzentrationsschwankungen von Laborparametern ausgeglichen werden. Der Sammelbehälter ist während der gesamten Zeit kühl und lichtgeschützt zu lagern (z. B. im Kühlschrank). Nach Ablauf der 24 Stunden ist der letzte Urin des Zeitraums ebenfalls zu sammeln und das Sammelgefäß gut zu verschließen. Die Probe ist anschließend zeitnah an das Labor zu übergeben.

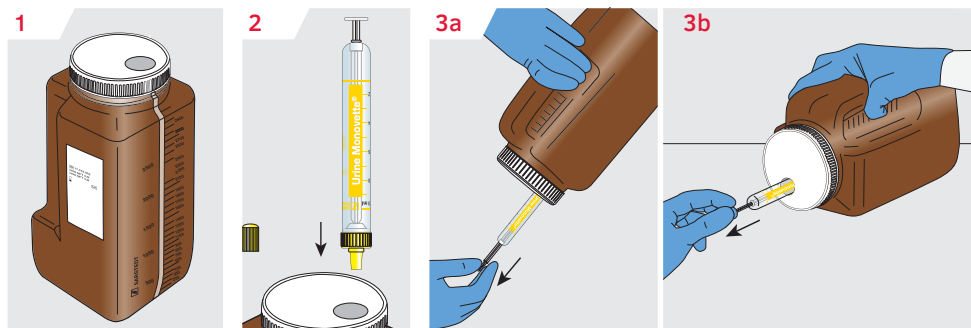


WICHTIG

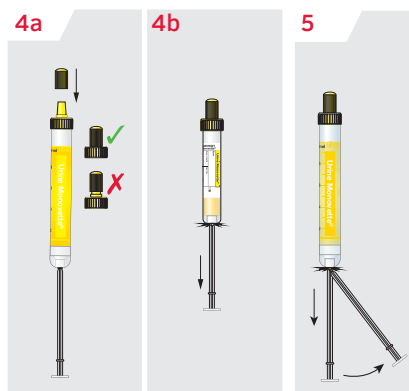
- > Während der Sammelperiode sollten über den Tag verteilt ca. 1,5–2 Liter getrunken werden. Hände und Intimbereich vor jedem Sammelschritt erneut gründlich waschen und Seifenreste abspülen.

12.5.2.1 Urinentnahme aus der 24-Stunden-Urin-Sammelflasche NFT

Mit der NFT-3-I-Urin-Sammelflasche kann 24-Stunden-Sammelurin ganz ohne Geruchsbelästigung, hygienisch, geschlossen und nadelfrei entnommen werden. Die genaue Durchführung wird im Folgenden Schritt für Schritt mit Abbildungen erläutert.



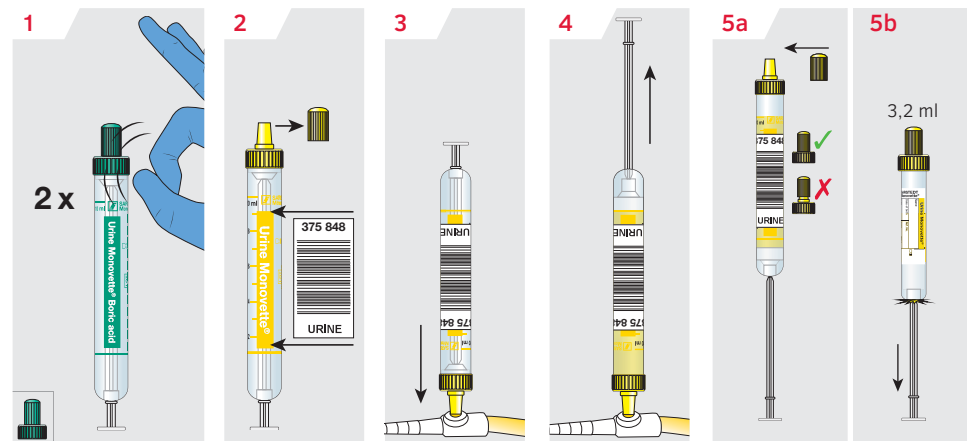
1. Schwenken Sie die verschlossene Sammelflasche mehrfach, sodass der Urin gut gemischt ist. Lesen Sie das Füllvolumen vom Etikett oder von der Skala und dem transparenten Sichtfenster ab.
2. Entfernen Sie den Stopfen an der Luer-Schraubkappe. Bewahren Sie diesen für später auf. Führen Sie die Urin-Monovette® mit dem Luer-Anschluss voran in die nadelfreie Transfereinheit ein und stellen Sie sicher, dass die Urin-Monovette® klemmfest sitzt.
3. Bei einem Füllvolumen von 400 ml bis 1.000 ml: Nehmen Sie die Urin-Sammelflasche NFT an den Griffmulden und beugen Sie sie vornüber, sodass die Öffnung schräg nach unten geneigt ist (Abb. 3a). Ziehen Sie den Kolben mit der Kolbenstange bis zum Urin-Monovette®-Boden und warten Sie, bis kein Urin mehr fließt. Stellen Sie die Sammelflasche NFT wieder aufrecht auf der Arbeitsfläche ab. Lösen Sie die Urin-Monovette® aus der nadelfreien Transfereinheit. Bei Füllvolumen > 1.000 ml: Halten Sie die Urin-Sammelflasche NFT an den Griffmulden und legen Sie sie vornüber in die waagerechte Lageposition (Abb. 3b). Ziehen Sie mit der Kolbenstange den Kolben bis zum Urin-Monovette®-Boden und warten Sie, bis kein Urin mehr fließt. Lösen Sie die Urin-Monovette® aus der nadelfreien Transfereinheit.



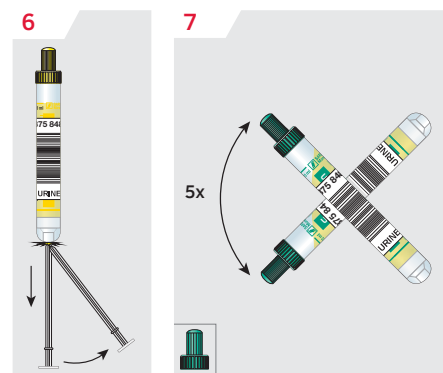
4. Drehen Sie die Urin-Monovette® aufrecht, sodass die Spitze nach oben zeigt und verschließen Sie sie sicher mit dem zuvor beiseitegelegten Stopfen. Stellen Sie sicher, dass keine Lücke zwischen Stopfen und Schraubkappe bleibt (Abb. 4a). Nur bei Verwendung einer Urin-Monovette® Z 3,2 ml: Ziehen Sie die Kolbenstange nach unten, bis der Kolben hörbar in der Endposition einrastet (Abb. 4b).
5. Brechen Sie die Kolbenstange ab.

12.5.3 Urinkatheter

Mit der Urin-Monovette® kann Urin nadelfrei aus einem Urinkatheter entnommen werden. Es wird kein weiteres Zubehör benötigt. Bei der Entnahme aus einem Katheter gelten besondere hygienische Anforderungen, um Kontaminationen und Infektionsrisiken zu vermeiden. Beachten Sie daher stets die Hygienevorschriften Ihrer Einrichtung. Die genaue Durchführung wird im Folgenden Schritt für Schritt erläutert.



1. Nur Urin-Monovette® Borsäure: Halten Sie die Urin-Monovette® Borsäure senkrecht mit der Spitze nach oben und klopfen Sie die Urin-Monovette® zweimal an, sodass sich die Borsäure unten sammelt.
2. Kleben Sie das Barcode-Etikett entlang der Linie bzw. exakt senkrecht auf. Entfernen Sie den Stopfen an der Luer-Schraubkappe. Bewahren Sie diesen für später auf.
3. Desinfizieren Sie die Membran gemäß den internen Richtlinien. Durchstoßen Sie die Membran mit der Luer-Spitze der Urin-Monovette®.
4. Ziehen Sie mit der Kolbenstange den Kolben bis zum Urin-Monovette®-Boden und warten Sie, bis kein Urin mehr fließt.
5. Drehen Sie die Urin-Monovette® aufrecht, sodass die Spitze nach oben zeigt und verschließen Sie die Urin-Monovette® sicher mit dem zuvor beiseitegelegten Stopfen. Stellen Sie sicher, dass keine Lücke zwischen Stopfen und Schraubkappe bleibt (Abb. 5a). Nur bei Verwendung einer Urin-Monovette® Z 3,2 ml oder Urin-Monovette® Borsäure 3,2 ml: Ziehen Sie die Kolbenstange nach unten, bis der Kolben hörbar in der Endposition einrastet (Abb. 5b).



6. Brechen Sie die Kolbenstange ab.
7. Nur Urin-Monovette® Borsäure: Schwenken Sie die Urin-Monovette® Borsäure etwa 5-mal kopfüber oder bis die Präparierung vollständig gelöst ist.

Wenn Sie Fragen haben:
Wir helfen Ihnen gerne weiter!

Besuchen Sie auch unsere Internetseite:
www.sarstedt.com



SARSTEDT AG & Co. KG

Sarstedtstraße 1
D-51588 Nümbrecht

Telefon: +49 2293 305 0

Kundenservice Deutschland
Telefon 0800 0 83 305 0

info@sarstedt.com
www.sarstedt.com