



EUROPEAN FEDERATION OF CLINICAL CHEMISTRY
AND LABORATORY MEDICINE



Green Labs



ISBN 979-12-210-1814-1

EFLM GUIDELINES FOR GREEN AND SUSTAINABLE MEDICAL LABORATORIES

Ed. 2022 VERSION IN GERMAN LANGUAGE



PRODUCED BY THE EFLM TASK FORCE "GREEN & SUSTAINABLE LABORATORIES"

INHALTSVERZEICHNIS

1. VORWORT	4
1.1. HINTERGRUND UND ÜBERBLICK.....	4
1.2. EFLM TASK FORCE-GREEN LABS.....	7
2. EINFÜHRUNG.....	8
3. CHEMISCHE STRATEGIE FÜR NACHHALTIGKEIT	11
3.1. EINFÜHRUNG.....	11
3.2. Was ist GREEN CHEMISTRY?	17
3.3. RECHTSVORSCHRIFTEN	20
3.4. GEFÄHRLICHE CHEMIKALIEN: WIE LABORE DEN EINSATZ GEFÄHRLICHER CHEMIKALIEN REDUZIEREN KÖNNEN.....	23
3.5. ZIELE.....	27
3.6. AKTIONEN	30
4. STRATEGIEN FÜR ENERGIEEINSPARUNG UND NACHHALTIGKEIT	31
4.1. EINFÜHRUNG.....	31
4.2. UMSETZUNG EINER GUTEN UMWELTPRAXIS BEIM ENERGIEVERBRAUCH	32
4.2.1. Wie können Labore ihren Energieverbrauch senken?.....	33
4.2.1.1. Ausschalten.....	33
4.2.1.2. Intelligente Technologie.....	33
4.2.1.3. Zweimal überlegen	34
4.2.1.4. Zeitschaltuhren	34
4.2.1.5. Abzugshauben und biologische Sicherheitswerkbänke (BSC)	34
4.2.1.6. Kühlschränke und Gefrierschränke	35
4.2.1.7. Abfall.....	35
4.2.1.8. Klimatisierung	35
4.2.1.9. Ausrüstung und Instrumentierung.....	35
4.2.1.10. Reagenzien und Verbrauchsmaterial.....	36
4.2.1.11. "Teilen bedeutet Fürsorge".....	36
4.2.1.12. Probentransport, prä-präanalytische und prä-analytische Phasen.....	36
5. ABFALLMANAGEMENTSTRATEGIEN.....	37
5.1. STRATEGIEN DER ABFALLWIRTSCHAFT	37
5.2. ABFALLKATEGORIEN UND IHRE BEWIRTSCHAFTUNG	38
5.2.1. Management von nicht-biologischen Feststoffen	39
5.2.1.1. Kunststoffe (69-76).....	39
5.2.1.2. Verpackung	41
5.2.1.3. Elektroschrott (79,80).....	42
5.2.1.4. Empfohlene Maßnahmen für IVD-Hersteller.....	42
5.2.2. Entsorgung von biologischen Laborabfällen (81,82)	43
5.2.2.1. Definition und Beschreibung von Bioabfall.....	43
5.2.2.2. Entsorgungsverfahren.....	43
5.2.2.3. Lagerung, Kennzeichnung und Transport von biologischen Abfällen.....	45
5.2.2.4. Dekontamination durch Autoklavieren.....	45
6. WASSEREINSPARUNGSSTRATEGIE FÜR NACHHALTIGKEIT.....	47
6.1. EINFÜHRUNG.....	47
6.2. WIE KÖNNEN LABORE DEN WASSERVERBRAUCH REDUZIEREN?	48
6.2.1. Wasserverbrauch messen/überwachen (53,58,61,90-95).....	48

6.2.2.	Ausrüstung und Instrumentierung.....	50
6.2.3.	Labor-Kühltürme (89)	50
6.2.4.	Ausrüstung für Laborprozesse	50
6.2.5.	Nicht-spezialisierte Ausrüstung	51
6.2.5.1.	Wasseraufbereitungsanlagen (53,86,91,92,96-98).....	51
6.2.5.2.	Desinfektions-/Sterilisationssysteme (89,91,92,98).....	52
6.2.5.3.	Fotografische und Röntgensysteme (9).....	53
6.2.5.4.	Unterdrucksystem (9,92,97,98).....	53
6.2.5.5.	Wasserbäder (54,95,96,98)	53
6.2.5.6.	Eisbereiter (98).....	53
6.2.5.7.	Wasch- und Geschirrspülmaschinen (9).....	53
6.2.5.8.	Papierverbrauch (98-100).....	54
6.2.6.	Alternative Wasserquellen (89)	54
7.	ALLGEMEINE ANGELEGENHEITEN.....	55
7.1.	POLITIK, BILDUNG UND INTERESSENVERTRETUNG.....	55
7.2.	VERANTWORTUNGSVOLLER UMGANG MIT DEN RESSOURCEN	55
7.3.	NACHHALTIGER EINKAUF	56
8.	REFERENZEN.....	57



Aus dem Englischen von R. Lichtinghagen für die DGKL.

Mit freundlicher Genehmigung von Prof. Tomris Ozben, EFLM-Präsidentin und EFLM TF-Green Labs Chair.

Dieses Dokument ist eine Übersetzung, die zu Informations- und Bildungszwecken zur Verfügung gestellt wird.

Die EFLM übernimmt keine Verantwortung für die Übersetzung. Im Falle von Unklarheiten und/oder unterschiedlichen Interpretationen der EFLM Recommended Practices in der deutschen Version sollten sich die Nutzer auf die englische Originalversion beziehen, die als einzig verbindliche Version immer Vorrang hat.

1. VORWORT

Vorbereitet von:

Tomris Ozben

EFLM Task Force Green Labs, Chair

EFLM-Präsidentin

Akdeniz Universität, Medizinische Fakultät, Abteilung für Klinische Biochemie, Antalya, Türkei; Universität Modena und Reggio Emilia, Medizinische Fakultät, Klinische und experimentelle Medizin, Modena, Italien

Die EFLM hat eine "TASK-FORCE GREEN LABS" eingerichtet, die medizinischen Laboratorien dabei helfen soll, nachhaltige Praktiken einzuführen und ihre Nachhaltigkeitsleistung in ganz Europa und darüber hinaus zu verbessern.

Ziel ist es, bewährte Praktiken zu sammeln und auszutauschen, um Laboratorien beim Übergang zu nachhaltigeren Lebensräumen zu unterstützen, indem sie ihre schädlichen Auswirkungen auf die Umwelt verringern, effiziente Maßnahmen in den Laboratorien durchführen und Schritte unternehmen, um den Verbrauch von Energie, Wasser und gefährlichen Chemikalien sowie die Abfallerzeugung zu minimieren, ohne die Qualität der Gesundheitsversorgung zu beeinträchtigen.

1.1. HINTERGRUND UND ÜBERBLICK

Vorbereitet von:

Tomris Ozben

EFLM-Task Force - Green Labs, Chair

EFLM-Präsidentin

Akdeniz Universität, Medizinische Fakultät, Abteilung für Klinische Biochemie, Antalya, Türkei; Universität Modena und Reggio Emilia, Medizinische Fakultät, Klinische und experimentelle Medizin, Modena, Italien

Sheri Scott

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Fakultät für Wissenschaft und Technologie, Nottingham Trent University, Nottingham, UK

Valérie Rampi

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Senior Manager Umwelt & Nachhaltigkeit, MEDTECH EUROPE, Belgien

Damien Gruson

EFLM Task Force - Grüne Labs, Mitglied

Abteilung für Labormedizin, Cliniques Universitaires Saint-Luc, Brüssel, Belgien

Nachhaltigkeit ist das Gleichgewicht zwischen Umwelt, Gerechtigkeit und Wirtschaft (1).

Eine von der UN-Weltkommission für Umwelt und Entwicklung zitierte Definition lautet: "Nachhaltige Entwicklung ist eine Entwicklung, die die Bedürfnisse der Gegenwart befriedigt ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen".

Die Ziele für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen von 2015 sind 17 globale Ziele, die Teil der Agenda für nachhaltige Entwicklung der Vereinten Nationen sind, um die Armut zu beenden, den Planeten zu schützen und Wohlstand für alle zu sichern (2).

Jedes Ziel hat spezifische Vorgaben, die in den nächsten 15 Jahren erreicht werden sollen. Auf diese Ziele stützen sich die nachhaltigen Praktiken und der *European Green Deal* (EGD). Der EGD zielt darauf ab, Europa bis 2050 zum ersten klimaneutralen Kontinent der Welt zu machen und ist ein integraler Bestandteil der Strategie der Europäischen Kommission zur Umsetzung der Agenda 2030 der Vereinten Nationen und der Ziele für nachhaltige Entwicklung (3).

Sie stellt eine große Herausforderung für Krankenhäuser, Mediziner und die Labormedizin dar, die mehr Energie und Wasser verbrauchen als übliche Büros und große Mengen an gefährlichen und ungefährlichen Abfällen erzeugen. Gleichzeitig ist es eine große Chance, einen Beitrag zur Verbesserung der Nachhaltigkeitsleistung von Laboratorien und Gesundheitssystemen in ganz Europa zu leisten.

Die Europäische Kommission hat bereits Initiativen ergriffen, die sich auf Krankenhäuser und Akteure des Gesundheitswesens konzentrieren und von denen man sich inspirieren lassen kann. Ein Beispiel für ein solches Projekt ist das *RES-HOSPITALS*-Projekt mit dem Titel "*Towards zero carbon hospitals with renewable energy systems*", das auf eine Reduzierung der CO₂-Emissionen aus dem bestehenden Bestand von etwa 15.000 Krankenhäusern in Europa abzielt (3).

Die Labormedizin sollte zu einem nachhaltigen Gesundheitssystem beitragen und sicherstellen, dass die Ressourcen aus ökologischer, sozialer und wirtschaftlicher Sicht effizient genutzt werden und gleichzeitig hochwertige Dienstleistungen für Patienten und Ärzte erbracht werden (Abbildung 1). Labortests sind bereits Schlüsselemente für die menschliche Gesundheit, da sie Ärzten bei der klinischen Entscheidungsfindung helfen und einen Mehrwert für die Primär- und Sekundärprävention bieten (4,5). Klinische Laboratorien haben auch mehrere Möglichkeiten, bei der Verwirklichung eines nachhaltigen Betriebs voranzukommen, um ihre negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Wirtschaft zu verringern. Klinische Laboratorien verbrauchen mehr Energie und Wasser als Büros und erzeugen große Mengen an gefährlichen und ungefährlichen Abfällen.

Labore sind Großverbraucher von Energie und tragen damit zum größten Anteil der Kohlenstoffemissionen bei. Aufgrund ihres relativ hohen Energiebedarfs müssen Krankenhäuser und Labors danach streben, die von der Europäischen Kommission festgelegten langfristigen CO₂-Reduktionsziele zu erreichen. Die Einbeziehung nachhaltiger Praktiken in die tägliche Laborroutine wird dazu beitragen, Energie zu sparen, die Emissionen zu verringern und den Europäischen "Green Deal" (EGD) bei der Erreichung seines Aktionsplans für Klima und Nachhaltigkeit zu unterstützen.

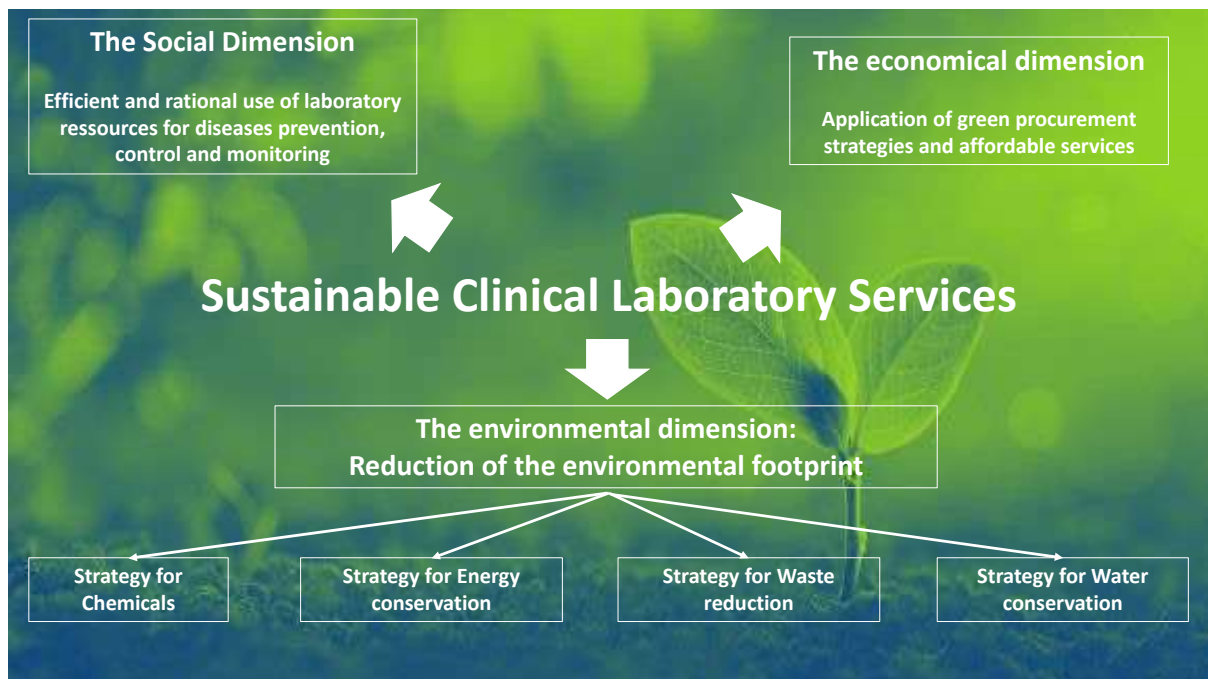


Abbildung 1: Klinische Laboratorien als Beitragende zu den verschiedenen Dimensionen der Nachhaltigkeit

Klinische Labore können ihre Umweltauswirkungen begrenzen und nachhaltige Labordienstleistungen anbieten, indem sie den Energieverbrauch, den Wasserverbrauch, die Abfallproduktion und die Verwendung gefährlicher Chemikalien in vier Schlüsselbereichen reduzieren. Durch die Festlegung von Zielen für eine nachhaltige Entwicklung und die Anwendung verschiedener Maßnahmen zur Reduzierung dieser Schlüsselbereiche können Krankenhäuser und klinische Laboratorien ihre Umweltauswirkungen verringern. Nachhaltigkeitsmaßnahmen sollten in dem sich rasch wandelnden Umfeld des Gesundheitswesens eine Schlüsselrolle spielen. Sie sind notwendig, um die negativen Auswirkungen auf die Umwelt und die Wirtschaft zu verringern. Um qualitativ hochwertige, wirksame und sichere Gesundheitsdienste anbieten zu können, müssen nachhaltige Gesundheitssysteme große wirtschaftliche und soziale Herausforderungen bewältigen. Trotz der anfänglichen Kapitalkosten gibt es ein langfristiges Kosteneinsparungspotenzial durch eine effizientere Nutzung von Energie und anderen Ressourcen in Gesundheitssystemen. Trotzdem ist es noch ein weiter Weg, bis Umweltfreundlichkeit in Krankenhäusern, Gesundheitsstrukturen und klinischen Laboren zur Norm werden.

1.2. EFLM TASK FORCE - GREEN LABS

Der EFLM-Vorstand hat am 17. November 2021 die Einrichtung der von der designierten EFLM-Präsidentin Tomris Ozben vorgeschlagenen *Task Force Green Labs* gebilligt und beschlossen, dass die EFLM eine Vorreiterrolle bei der Einführung nachhaltiger klinischer Laborpraktiken in Europa übernehmen soll. Zu diesem Zweck wurde die *EFLM Task Force Green Labs* eingerichtet. Die EFLM wird den Übergang der Labormedizin zur Kohlenstoffneutralität im Einklang mit dem *European Green Deal* (EGD) lenken.

Der erste Schwerpunkt dieser neuen Task Force ist die Entwicklung von Leitlinien, Kriterien und Schlüsselempfehlungen für die durchgängige Anwendung nachhaltiger Praktiken in klinischen Laboratorien (*Green Lab Guide*). Klinische Laboratorien können ihre Nachhaltigkeitsleistung verbessern, indem sie die *EFLM TF-Green Labs Guidelines* befolgen. Dies sind eine Reihe von Empfehlungen und bewährten Praktiken in vier wichtigen Bereichen ihrer Tätigkeit: Energie, Wasser, Abfall und Verwendung gefährlicher Chemikalien.

Die *EFLM Task Force Green Labs* wird ein System einrichten, das die Bemühungen der europäischen Labore zu sogenannten "*Green Labs*" zu werden, anleiten, unterstützen und überwachen kann, und den Laboren, die die erforderlichen Kriterien erfüllen, nach der Bewertung ihres Status das EFLM-Zertifikat für "*Green Labs*" ausstellt.

2. EINFÜHRUNG

Vorbereitet von:

Alistair Gammie

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Senior Global Director und Leiter von ValuMetrix, Ortho Clinical Diagnostics, Großbritannien.

Joseph Lopez

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Ehemaliger Präsident des APFCB. Frühere Mitgliedschaften: Abteilung für

Biomedizinische Wissenschaften, MAHSA Universität und Institut für medizinische Forschung, Kuala Lumpur, Malaysia

Alle menschlichen Aktivitäten wirken sich auf die Umwelt aus. Umweltfaktoren tragen zum Klimawandel bei und sind folglich die Hauptursache für eine erhebliche Belastung durch zunehmende Morbidität und Mortalität, insbesondere in Entwicklungsländern. Die sich daraus ergebenden Auswirkungen sind Schätzungen zufolge weltweit für etwa 25 % der Todesfälle und Krankheiten verantwortlich, in Regionen wie Afrika südlich der Sahara sogar für fast 35 % (6). Erwähnenswert ist ferner, dass die Umweltverschmutzung ein anerkannter Risikofaktor für Morbidität und Mortalität ist (7,8). Alle Organisationen, einschließlich der Laboratorien, haben eine gesellschaftliche Verpflichtung, ihren Teil dazu beizutragen, den Schaden, den sie der Umwelt zufügen, zu mindern und die Umweltfolgen ihrer Aktivitäten zu reduzieren (6). Laboratorien wirken sich auf verschiedene Weise auf die Umwelt aus, und sie sind somit dafür verantwortlich, die Umweltfolgen ihrer Tätigkeit zu verringern (9).

Zu den Folgen gehören die globale Erwärmung aufgrund des Energieverbrauchs, der daraus resultierende Anstieg des Meeresspiegels sowie Veränderungen der Ökologie und der Krankheitsmuster. Zu *den Folgen gehören* auch der Verlust unersetzlicher Ressourcen, die Verringerung der biologischen Vielfalt, die Luftverschmutzung, der Energie- und Wasserverbrauch, die Wärmezeugung, die zunehmende Abfallproduktion und die daraus resultierende Verschmutzung von Grundstücken durch Abflüsse oder Deponien. Die Veränderungen der verschiedenen Parameter, die zur globalen Erwärmung beitragen und diese anzeigen, wurden von der *National Aeronautical and Space Administration* (NASA) der Vereinigten Staaten zusammengefasst.

Gesundheitspraktiken haben einen erheblichen Einfluss auf die Umwelt. Krankenhäuser arbeiten jeden Tag rund um die Uhr und haben einen großen ökologischen Fußabdruck. Sie belasten die Umwelt in mehrfacher Hinsicht (10). Neben Energie verbrauchen Labors auch viel Wasser, produzieren Abfälle und verwenden Chemikalien.

Schätzungen zufolge können die meisten der bestehenden Labors ihren Energieverbrauch mit der vorhandenen Technologie um 30 bis 50 % senken, was angesichts der jährlichen Energiekosten von 1 bis 2 Milliarden Dollar in den USA von Bedeutung ist (11). Dennoch haben nur wenige klinische Labors Pläne, um diese Situation anzugehen, obwohl die meisten gerne eine Anleitung hätten, wenn sie verfügbar wäre (9). Wenn der unbewusste Verbrauch und die Abfallproduktion deutlich reduziert werden können, kann dies zu echten Kosteneinsparungen führen.

Einsparungen sowie eine verbesserte Umweltbilanz. Nachhaltige Laboratorien können auch wirtschaftlich von Vorteil sein. Ross et al. (12) haben beschrieben, wie sie durch die Einführung von ISO14001 über achthunderttausend australische Dollar an Einsparungen erzielen konnten.

Es ist wichtig, dass Hersteller, Aufsichtsbehörden, Berufsverbände und ihre Gastinstitutionen die Laboratorien in ihren Bemühungen zur Verbesserung ihrer Nachhaltigkeitsleistung unterstützen. Im Vereinigten Königreich beispielsweise fordert die britische Beschaffungsbehörde für das Gesundheitswesen Lieferanten mit einem Netto-Null-Wert, und die *UK Sustainable Healthcare Coalition* (<https://sustainablehealthcare.org.uk/>) überprüft die Netto-Null-Ziele. Zusätzlich zum europäischen Green Deal trat in England am 1. Juli 2022 der neue *Health and Care Act 2022* in Kraft. Darin wird der Nationale Gesundheitsdienst (NHS) verpflichtet, den Klimawandel bei seinen Entscheidungen zu berücksichtigen. Die Gesetzgebung besagt, dass die NHS-Organisationen den britischen *Climate Change Act 2008* berücksichtigen und einhalten müssen, um die Ziele für Treibhausgasemissionen zu erreichen, und dass sie den *Environment Act 2021* einhalten müssen, der Ziele für die Verbesserung der natürlichen Umwelt, einschließlich der Luftqualität, enthält. Der NHS muss sich auch "an alle aktuellen oder vorhergesagten Auswirkungen des Klimawandels anpassen" (13). In Europa hilft das EU-System für das Umweltmanagement und die Umweltbetriebsprüfung (EMAS) (14) Organisationen, einschließlich Laboratorien, bei der Bewertung, Berichterstattung und kontinuierlichen Verbesserung ihrer Umweltleistung, und die *NRO Healthcare without Harm* erstellt einen Index für nachhaltige Produkte (15).

Der einzige Weg, um in Sachen Nachhaltigkeit wirklich etwas zu erreichen, besteht darin, für Veränderungen zu werben und über die Vorteile für die Umwelt und das Kosten-Nutzen-Verhältnis aufzuklären. Es ist zum Beispiel nicht immer einfach, diejenigen, die Tests beantragen, davon zu überzeugen, dass einige ihrer Anforderungen unnötig sind. Auch die Kommunikation ist eine Hürde, die es zu überwinden gilt, da viele Parteien an dem Vorhaben beteiligt sind. Beharrlichkeit ist der Schlüssel. Wenn erst einmal ein System für Nachhaltigkeit eingeführt ist, neigen die Menschen dazu, ihm zu folgen und es umzusetzen.

Mit diesem Dokument wird ein zweifacher Zweck verfolgt:

- (i) ein Bewusstsein dafür zu schaffen, dass klinische Laboratorien einen ökologischen Fußabdruck haben.
- (ii) eine Anleitung zu geben, wie Laboratorien das Problem entschärfen können.

In diesem Dokument werden wir versuchen, eine Anleitung zu geben, wie man durch bessere Managementmethoden mehr Nachhaltigkeit erreichen kann:

- (i) Chemikalien
- (ii) Energie
- (iii) Abfall
- (iv) Wasser.

3. CHEMISCHE STRATEGIE FÜR NACHHALTIGKEIT

Vorbereitet von

Mariana Marques

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Universitätsklinikum São João, Klinische Pathologie, Porto, Portugal

Tomris Ozben

EFLM Task Force - Green Labs, Chair

EFLM-Präsidentin

Akdeniz Universität, Medizinische Fakultät, Abteilung für Klinische Biochemie,

Antalya Türkei Universität Modena und Reggio Emilia, Medizinische Fakultät,

Klinische und experimentelle Medizin, Modena, Italien

3.1. EINFÜHRUNG.

Eine der ersten Definitionen des Begriffs "Nachhaltigkeit" wurde im *Burtland*-Bericht der Vereinten Nationen von 1987 versucht, in dem es heißt, dass nachhaltige Entwicklung bedeutet, "die Bedürfnisse der Gegenwart zu befriedigen, ohne die Fähigkeit künftiger Generationen zu gefährden, ihre persönlichen Bedürfnisse zu befriedigen" (16). Die von der Europäischen Union (EU) vorgeschlagene Definition ist jedoch weiter gefasst und berücksichtigt ein breites Spektrum von Nachhaltigkeitsstrategien, einschließlich menschlicher, ökologischer und wirtschaftlicher Aspekte (17). Angesichts der Erwärmung der Atmosphäre und des Klimawandels sind viele der acht Millionen Arten auf unserem Planeten vom Aussterben bedroht; Ozeane und Wälder werden immer stärker zerstört und verschmutzt. Die EU hat auf diese Herausforderungen mit der Schaffung des Europäischen *Green Deals* reagiert, der darauf abzielt, die EU in "eine gerechte und wohlhabende Gesellschaft mit einer modernen, ressourceneffizienten und wettbewerbsfähigen Wirtschaft zu verwandeln, die darauf abzielt, das Naturkapital der EU zu schützen, zu erhalten und zu verbessern und die Gesundheit und das Wohlbefinden der Bürger vor umweltbezogenen Risiken und Auswirkungen zu schützen" (18).

In den letzten Jahren hat das Abfallaufkommen, einschließlich gefährlicher Abfälle, aufgrund von Industrialisierung, Verstädterung, wirtschaftlicher Entwicklung und Bevölkerungswachstum zugenommen. Schätzungen zufolge wurden im Jahr 2012 mehr als 1,3 Milliarden Tonnen fester Siedlungsabfälle erzeugt, und für 2025 wird ein Aufkommen von 2,2 Milliarden Tonnen prognostiziert (19). Darüber hinaus hat dieses Thema auch tiefgreifende soziale, wirtschaftliche und ökologische Auswirkungen in Europa, wo jedes Jahr etwa 3 Milliarden Tonnen Abfall produziert werden, von denen 100 Millionen Tonnen gefährlich sind (20).

Da Abfälle aus dem Gesundheitswesen jedoch wesentlich gefährlicher sind, ist hier ein anderer Ansatz erforderlich, um die Risiken für die Arbeitnehmer und die Bevölkerung zu verringern (19). Schätzungen zufolge sind 15 % der Abfälle aus dem Gesundheitswesen gefährlich (infektiös, giftig oder radioaktiv) (21). Chemische oder pharmazeutische Abfälle machen 3 % aller Abfälle aus dem Gesundheitswesen aus (22).

In Ländern mit hohem Einkommen fallen pro Krankenhaus und Tag 0,5 kg gefährliche Abfälle an, in Ländern mit niedrigem Einkommen dagegen nur 0,2 kg (unterschätzt, da nicht zwischen gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen unterschieden wird) (21). Somit sind medizinische Abfälle weltweit und in Europa zu einem der wichtigsten Schadstoffe geworden, die die Qualität von Boden, Wasser und Luft beeinträchtigen. Es ist eine Priorität für Gesundheitseinrichtungen, multidisziplinäre Teams zu haben, die sich mit Fragen der Nachhaltigkeit befassen (23).

Obwohl Chemikalien zu den gefährlichen Abfällen gehören, haben sie die Gesellschaft bereichert und sind in der EU allgegenwärtig: Die europäische Chemieindustrie wuchs von 326 Milliarden Euro im Jahr 1995 auf 615 Milliarden Euro im Jahr 2016 (24). Darüber hinaus hat die weltweite Produktion von Chemikalien zugenommen, ebenso wie die jährliche Einfuhr von Fertigprodukten in die EU, die sich zwischen 2000 und 2015 fast verdreifacht hat - auch aus Ländern, in denen der Umgang mit Chemikalien schlecht geregelt ist. Tatsächlich wurden im Jahr 2016 3,4 Tonnen Produkte pro Kapital in die EU importiert, davon 20 % aus China (25). Darüber hinaus ist der Anteil der in der EU produzierten Chemikalien zurückgegangen, obwohl dieser Industriezweig mit 30.000 Unternehmen und 1,2 Millionen Beschäftigten sowie 3,6 Millionen indirekt Beschäftigten weiterhin der viertgrößte in der EU ist (26). Etwa 60 % der mehr als 100.000 Chemikalien auf dem EU-Markt gelten als gefährlich für die Umwelt und/oder die menschliche Gesundheit, und 11,2 % der gesamten Chemieproduktion der EU werden dem Gesundheits- und Sozialwesen zugerechnet (25).

Die mit Chemikalien verbundenen Risiken können entweder durch die Produktion, den Transport, die Verwendung oder die Entsorgung entstehen. In Anbetracht der Probleme, die mit Chemikalien verbunden sind, ist ein korrekter und nachhaltiger Umgang mit ihnen eine Priorität. Es ist bekannt, dass gefährliche Chemikalien in der EU zu Gesundheitsstörungen beitragen, da sie mit Krebs, Neuroentwicklungsstörungen, Fortpflanzungs-, Stoffwechsel-, Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen in Verbindung gebracht werden (27, 28). Im Allgemeinen erkranken die am stärksten gefährdeten Bevölkerungsgruppen mit größerer Wahrscheinlichkeit an durch Umweltverschmutzung bedingten Krankheiten (z.B. Kinder mit niedrigem sozioökonomischem Status) (19). Darüber hinaus kann die Exposition gegenüber chemischen Stoffen, selbst in geringen Dosen, langfristige gesundheitliche Folgen wie eine verminderte Fruchtbarkeit, ein geringeres Geburtsgewicht und neuropsychiatrische Erkrankungen bei Kindern begünstigen. Bei 10 bis 15 % aller Geburten treten in der Entwicklung neurologische Verhaltensstörungen auf, wobei Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitätsstörungen (ADHS) und Autismus-Spektrum-Störungen weit verbreitet sind (25). Darüber hinaus gibt es eine zunehmende Anzahl verschiedener gefährlicher Chemikalien in menschlichem Gewebe und Blut (26), die in Kombination toxische Wirkungen hervorrufen können, die größer sind als die Wirkungen jeder einzelnen Chemikalie für sich (25). Die kombinierte Exposition gegenüber gefährlichen Chemikalien wurde mit niedrigeren Geburtenraten und geringerem Wachstum des Fötus in Verbindung gebracht (26).

Darüber hinaus hat die Exposition gegenüber endokrin wirksamen Chemikalien erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen: Jährlich werden 157 Mrd. EUR ausgegeben, wobei etwa 1,5 Mrd. EUR allein auf Erkrankungen des weiblichen Fortpflanzungssystems entfallen (25).

Andererseits können gefährliche Chemikalien den Abbau der Ozonschicht in der Stratosphäre verursachen und Ökosysteme, Flora und Fauna beeinträchtigen (19, 28). Insbesondere können sie die Wasser- und Luftqualität verschlechtern, den Boden kontaminieren und Insektenbestäuber beeinträchtigen, insbesondere wenn sie unter Missachtung der geltenden rechtlichen, wissenschaftlichen und technischen Richtlinien verwendet und/oder entsorgt werden (27, 28). Somit trägt die chemische Verschmutzung in erheblichem Maße zum aktuellen globalen Problem des Klimawandels und zum Verlust der biologischen Vielfalt bei (29).

Im Gesundheitssektor kann die Entsorgung unbehandelter Abfälle die Verschmutzung von Trinkwasser, Grundwasser und Oberflächengewässern fördern, wenn keine angemessenen Deponien gebaut werden; eine unsachgemäße Abfallverbrennung kann zu Luftverschmutzung und Ascherückständen, zur Entstehung krebserregender Dioxine und Furane aus chlorhaltigen Stoffen und zur Verbreitung giftiger Metalle aus blei-, quecksilber- und cadmiumhaltigen Materialien führen (21). Jüngste Daten weisen auf über 2,5 Millionen möglicherweise kontaminierte Standorte in Europa hin, von denen 14 % bekanntermaßen kontaminiert sind und Maßnahmen zur Schadensbegrenzung erfordern (27). Daher müssen neue Produktionsverfahren und -technologien sowie neue Chemikalien während des gesamten Produktlebenszyklus nachhaltig sein (29).

Der wirtschaftliche Tribut, den die Kontamination der Umwelt fordert, ist beträchtlich, da die Sanierungskosten im Zusammenhang mit dem Verlust von Trinkwasser, Land und Fischbeständen sehr hoch sind (25). Die Kosten für die Entsorgung von Abfällen aus dem Gesundheitswesen entsprechen 25 % der Gesamtausgaben des Gesundheitssektors in den Vereinigten Staaten (30). Darüber hinaus ist die Dekontamination natürlicher Ressourcen sowie von Gebäuden und Infrastrukturen extrem teuer - die Kontamination mit polychlorierten Biphenylen (PBC) verursachte zwischen 1971 und 2018 in der EU Ausgaben in Höhe von 15 Milliarden Euro (25).

Die Idee zu *GREEN CHEMISTRY* entstand Ende des 20. Jahrhunderts als Reaktion auf die gesundheitliche, ökologische und wirtschaftliche Belastung durch gefährliche Chemikalien, darunter auch durch Giftunfälle. Dieses Konzept wird definiert als "die Entwicklung chemischer Produkte und Verfahren, die die Verwendung oder Erzeugung gefährlicher Stoffe reduzieren und/oder vermeiden" (25). Chemikalien sollten so eingesetzt und hergestellt werden, dass ihr Beitrag für die Gesellschaft maximiert und ihr Schaden für die Umwelt und die Gesellschaft minimiert wird (26). *GREEN CHEMISTRY* und ihre Grundsätze können eine Strategie zur Verringerung der Umweltverschmutzung, der gefährlichen Synthese und der Unfallverhütung darstellen, während gleichzeitig die Gesamtauswirkungen des Lebenszyklus einer bestimmten Chemikalie bewertet werden (25). Wichtig ist, dass ein wirksames Umweltmanagement in einem klinischen Labor zu einer verbesserten Qualitätsleistung führt, da diese beiden Aspekte miteinander verknüpft sind.

Die Europäische Kommission hat am 14. Oktober 2020 die EU-Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit angenommen. Die Strategie ist der erste Schritt auf dem Weg zu einer schadstofffreien Umwelt, wie sie im Europäischen *Green Deal* angekündigt wurde.

Die Strategie wird Innovationen für sichere und nachhaltige Chemikalien fördern und den Schutz der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor gefährlichen Chemikalien verbessern. Die Strategie schlägt einen klaren Fahrplan und einen Zeitplan für die Umgestaltung der Industrie vor, mit dem Ziel, Investitionen in sichere und nachhaltige Produkte und Produktionsmethoden zu fördern (https://ec.europa.eu/environment/strategy/chemicals-strategy_en).

Im Einklang mit dem Europäischen *Green Deal* strebt die Strategie eine giftfreie Umwelt an, in der Chemikalien in einer Weise hergestellt und verwendet werden, die ihren Beitrag zur Gesellschaft maximiert, einschließlich der Verwirklichung des grünen und digitalen Wandels, und gleichzeitig Schäden für den Planeten sowie für heutige und künftige Generationen vermeidet. Die Strategie sieht die EU-Industrie als weltweit wettbewerbsfähigen Akteur bei der Herstellung und Verwendung sicherer und nachhaltiger Chemikalien vor. Die Strategie schlägt einen klaren Fahrplan und einen Zeitplan für die Umgestaltung der Industrie vor, um Investitionen in sichere und nachhaltige Produkte und Produktionsmethoden anzuziehen.

Die Chemikalienstrategie für Nachhaltigkeit für eine giftfreie Umwelt führt zu:

- Gewährleistung eines besseren Schutzes der menschlichen Gesundheit und der Umwelt vor gefährlichen Chemikalien
- Förderung von Innovationen für sichere und nachhaltige Chemikalien
- Ermöglichung des Übergangs zu Chemikalien, die durch ihre Gestaltung sicher und nachhaltig sind

Dies ist ein erster Schritt auf dem Weg zu dem im Europäischen *Green Deal* angekündigten Ziel einer schadstofffreien Umwelt.

Es gibt Belege zu positiven Auswirkungen bzgl. einer Regulierung des Abfallmanagements. Eine kürzlich durchgeführte Studie berichtete über mögliche Einsparungen bei den Abfallkosten in Höhe von über 700 Mio. \$ innerhalb von fünf Jahren, wenn alle Krankenhäuser in den USA Abfallmanagementstrategien einführen würden sowie Einsparungen in Höhe von 2,7 Mrd. \$ innerhalb von fünf Jahren, wenn die Wiederaufbereitung von Einweg-Medizinprodukten (21) eingeführt würde (31). Darüber hinaus hat der EU-Besitzstand im Bereich Chemikalien in den letzten drei bis vier Jahrzehnten zu einer wirksamen Verringerung der Exposition von Mensch und Umwelt gegenüber gefährlichen Stoffen geführt, die Gegenstand von EU-Rechtsvorschriften sind, wobei einige vorläufige Daten auf eine Substitution dieser Chemikalien hinweisen (21). Die EU-Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH) hat über einen Zeitraum von 25-30 Jahren Kosteneinsparungen in Höhe von schätzungsweise 100 Milliarden Euro für die Umwelt und die menschliche Gesundheit gebracht (32).

Somit können Vorschriften zur Umsetzung einer sicheren und nachhaltigen Bewirtschaftung von Abfällen aus dem Gesundheitswesen Ausgaben für Gesundheitsschäden und Umweltauswirkungen aufgrund der Freisetzung chemischer Gefahren verhindern (21).

Obwohl 84 % bzw. 90 % der Europäer über die Auswirkungen von Chemikalien auf die Gesundheit bzw. die Umwelt besorgt sind (26), kann der Mangel an Ausbildung und Wissen über chemische Produkte und ihre Gefährlichkeit zu Problemen bei der Sicherheit am Arbeitsplatz und der Umwelt führen. Daher ist es von entscheidender Bedeutung, dass Fachleute und Studenten, die mit gefährlichen Chemikalien arbeiten, entsprechend geschult werden (28). Im Gesundheitswesen sind mangelnde Kenntnisse und/oder mangelndes Bewusstsein für Nachhaltigkeitspraktiken bei Mitarbeitern klinischer Labors das am häufigsten genannte Hindernis für Nachhaltigkeit im Gesundheitssektor (33).

Daher kommt den wissenschaftlichen Fachgesellschaften im Laborbereich eine Schlüsselrolle bei der Fortbildung und Beratung zu. Obwohl Strukturen und Methoden für eine nachhaltige Gesundheitsfürsorge hinsichtlich ihrer Ziele im sozialen, wirtschaftlichen und ökologischen Bereich inzwischen gut definiert sind, fehlt es an einem Konsens über die Strategien, die in klinischen Laboratorien umgesetzt werden sollten (33). Eine von der *International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine* durchgeführte Umfrage ergab, dass die meisten der befragten Laboratorien sich noch nicht mit Fragen der Nachhaltigkeit befassen und dass offizielle Leitlinien für die Verringerung ihres CO₂-Fußabdrucks erforderlich sind (34).

3.2. WAS IST GREEN CHEMISTRY?

Das Konzept von *GREEN CHEMISTRY* wendet innovative wissenschaftliche Lösungen an, um die im Labor auftretenden Umweltprobleme zu lösen. *GREEN CHEMISTRY* wurde in den späten 1990er Jahren von Paul Anastas und John Warner eingeführt. Sie entwickelten die zwölf Grundsätze der *GREEN CHEMISTRY* (35). Diese Grundsätze lassen sich in "Risikoverringern" und "Minimierung des ökologischen Fußabdrucks" gruppieren und umfassen die Verringerung sowohl der Menge gefährlicher Chemikalien im Abfall als auch der Toxizität dieser Stoffe, die Verbesserung der Effizienz des Produktionsprozesses, die Verringerung des Ressourcenverbrauchs und der Treibhausgasemissionen, die Verbesserung der Sicherheit sowie die wirtschaftlichen und sozialen Aspekte von Chemikalien (25).

Ziel der *GREEN CHEMISTRY* ist es, die Auswirkungen von Chemikalien auf die menschliche Gesundheit zu verringern und die Verschmutzung der Umwelt durch gezielte, nachhaltige Präventionsprogramme praktisch zu beseitigen. *GREEN CHEMISTRY* sucht nach alternativen, umweltfreundlichen Reaktionsmedien und bemüht sich gleichzeitig um höhere Reaktionsgeschwindigkeiten und niedrigere Reaktionstemperaturen.

Der DOZN™ *Quantitative Green Chemistry Evaluator* von Merck Sigma Aldrich ist ein quantitatives, branchenweit einzigartiges Tool, das die 12 Prinzipien der *GREEN CHEMISTRY* zum Vergleich der relativen Umweltfreundlichkeit ähnlicher Chemikalien, Synthesewege und chemischer Prozesse nutzt.

(<https://www.sigmaaldrich.com/TR/en/services/software-and-digital-plattformen/dozn-tool>).

<https://www.sigmaaldrich.com/TR/en/technical-documents/technical-artikel/analytische-chemie/grüne-chemie-grundlagen>

Das Unternehmen Merck Sigma Aldrich verfügt über vier Kategorien von umweltfreundlicheren alternativen Produkten, die eines der folgenden vier Kriterien erfüllen:

1. Überarbeitete Produkte zur Verbesserung ihres ökologischen Fußabdrucks.
2. 12-Prinzipien-Produkte entsprechen den 12 Grundsätzen der *GREEN CHEMISTRY*.
3. Produkte tragen dazu bei, umweltfreundlichere Alternativen durch entsprechende Technologien zu ermöglichen.
4. *Design for Sustainability* (DfS): Entwickelte Produkte weisen wesentliche Nachhaltigkeitsmerkmale auf.

Das Konzept von *GREEN CHEMISTRY* kann zusammen mit der EU-Strategie für eine ungiftige Umwelt als Teil der globalen Nachhaltigkeitsziele betrachtet werden. Zusätzliche, sichere und nachhaltige Chemikalien sind ein Ansatz vor der Markteinführung, der darauf abzielt, Stoffe mit möglichst geringen Auswirkungen auf Gesundheit und Umwelt zu entwickeln (26).

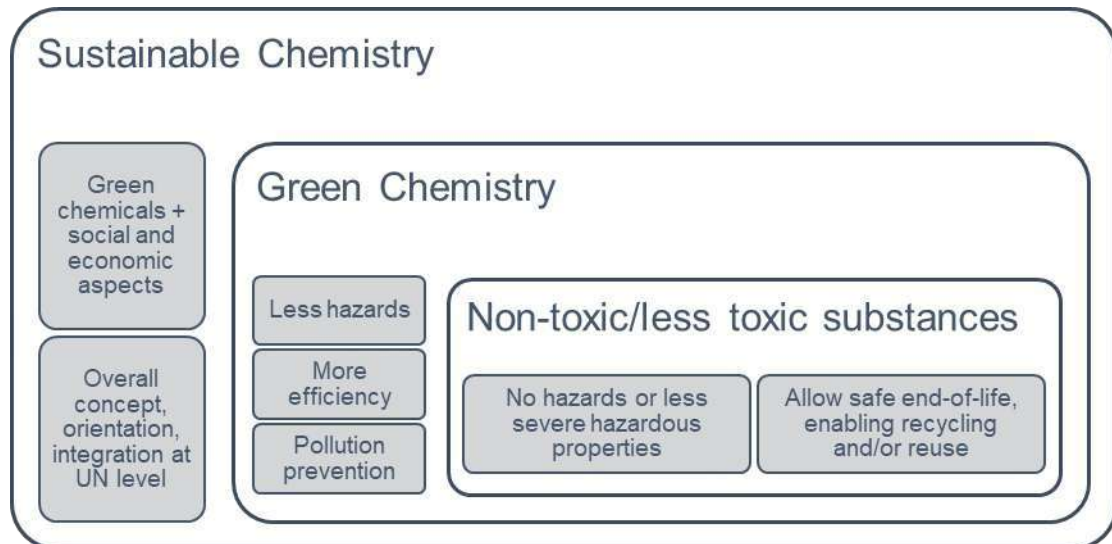


Abbildung 2. Beziehung zwischen den Konzepten der nachhaltigen Chemie, *GREEN CHEMISTRY* und der ungiftigen/weniger giftigen Stoffe (26).

Was die Strategien zur Förderung einer nachhaltigen Chemie in klinischen Laboratorien betrifft, so gibt es allgemeine Ansätze sowohl für die Abfallbewirtschaftung als auch für die Auswahl und das Management von Chemikalien, wie in Abbildung 2 und Abbildung 3 dargestellt.

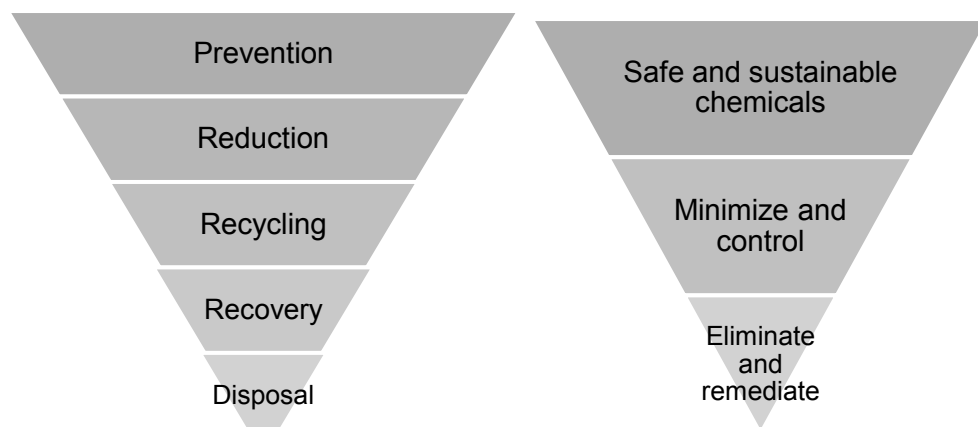


Abbildung 3. Hierarchie beim Management gefährlicher chemischer Abfälle (26).

Beseitigung/Reduzierung oder Ersatz von gefährlichen Chemikalien:

- Verzichten Sie wann immer möglich auf Chemikalien:
 - o Austausch von Quecksilberthermometern, die Verwendung von Ethidiumbromid für Gele einstellen.
 - o Erwägen Sie die Entwicklung von lösungsmittelfreien chemischen Reaktionen.
 - o Verwenden Sie Computersimulationen als Ersatz für Experimente.
- Reduzieren Sie die Mengen an schädlichen Chemikalien, Reagenzien und Vorläufern, wenn sie nicht ausgeschlossen werden können:
 - o Effizientere chemische Reaktionen nutzen.
- Nutzen Sie GREEN CHEMISTRY, um Chemikalien durch weniger giftige Alternativen zu ersetzen.
 - o Catsub - 300 Beispiele für die Substitution von gefährlichen Chemikalien.
 - o Cefic LRI toolbox - Risikobewertung und Toxizitätstests.
 - o CLEANTOOL- Datenbank für alternative Reinigungschemikalien.
 - o EC (2012) Leitfaden - Identifizierung von Chemikalien, die verwendet werden könnten oder sollten; Bewertung von Alternativen im Hinblick auf Risiken, technische Anforderungen sowie praktische und finanzielle Erwägungen.
 - o EPA- Design for the Environment - Bewertung von Alternativen
 - o Deutsches Spaltenmodell - Vergleich der Gefahren und Risiken verschiedener Chemikalien.
 - o Assistent für grüne Alternativen - Potenzielle Ersatzstoffe für gefährliche Chemikalien.
 - o INRS - Identifizieren Sie mögliche Expositionsbereiche am Arbeitsplatz und vergleichen Sie Chemikalien.
 - o Keki-Arvi - Risikobewertung und -vermeidung.
 - o OECD Toolbox - Bewertung von Alternativen und allgemeine Vorschriften, Listen und Methodik.
 - o Stoffenmanager® - Bewertung der chemischen Belastung und mögliche Kontrollmaßnahmen, einschließlich Substitution.
 - o SUBSPORT - Alternative Stoffe und Technologien.

3.3. Rechtsvorschriften.

Der bestehende EU-Rechtsrahmen für Chemikalien, insbesondere die *REACH*- die Einstufungs-, Kennzeichnungs- und Verpackungsverordnung (CLP-Verordnung), sind die strengsten Rechtsvorschriften der Welt, die chemische Stoffe regeln und die Industrie weltweit betreffen.

In der Chemikalienstrategie wird vorgeschlagen, sie durch gezielte Überarbeitungen beider Verordnungen zu verstärken, um sicherzustellen, dass ausreichende Informationen über die in der EU hergestellten oder in die EU eingeführten Chemikalien zur Verfügung stehen.

Die Umsetzung und Durchsetzung des europäischen Chemikalienrechts ist notwendig, um die Einhaltung der Vorschriften für den gesamten Lebenszyklus von Chemikalien zu gewährleisten: Produktion, Inverkehrbringen, Freisetzung und Entsorgung.

Derzeit beziehen sich fast 30 % der Warnungen vor gefährlichen Produkten auf dem Markt auf Risiken, die von Chemikalien ausgehen. Außerdem entspricht nur ein Drittel der Registrierungsdossiers für chemische Stoffe, die von der Industrie im Rahmen von *REACH* registriert wurden, vollständig den Informationsanforderungen.

Die Kommission wird die Durchsetzungssysteme der Mitgliedstaaten auditieren und Vorschläge zur weiteren Stärkung der Grundsätze "keine Daten, kein Markt" und "Verursacherprinzip" unterbreiten.

Stoffe, die chronische Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt haben, werden im Rahmen der *REACH*-Verordnung als besonders besorgniserregend eingestuft, ebenso wie Stoffe, die in den Verordnungen zur Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung (CLP) aufgeführt sind.

Um negative Langzeitfolgen zu vermeiden, sollte die Exposition von Mensch und Umwelt gegenüber diesen bedenklichen Stoffen minimiert und so weit wie möglich ersetzt werden. Die schädlichsten Stoffe sollten insbesondere aus Konsumgütern verbannt und nur für nachweislich wichtige gesellschaftliche Zwecke zugelassen werden, wenn es keine akzeptablen Alternativen gibt.

Die Gesetzgebung im Bereich Chemikalien umfasst mehr als 100 Richtlinien und Verordnungen. Dieser Abschnitt bezieht sich nur auf die wichtigsten Dokumente.

Ziele der Vereinten Nationen (UN) für nachhaltige Entwicklung:

1. Keine Armut.
2. Kein Hunger.
3. Sicherstellung eines gesunden Lebens und Förderung des Wohlbefindens für alle Menschen in jedem Alter.
4. Hochwertige Bildung.
5. Gleichstellung der Geschlechter.
6. Sicherstellung von Verfügbarkeit und nachhaltigem Management von Wasser und sanitären Einrichtungen für alle.
7. Erschwingliche und saubere Energie.
8. Menschenwürdige Arbeit und Wirtschaftswachstum.
9. Aufbau einer widerstandsfähigen Infrastruktur, Förderung einer integrativen und nachhaltigen Industrialisierung und Unterstützung von Innovationen.
10. Verringerung von Ungleichheiten.
11. Städte und menschliche Siedlungen inklusiv, sicher, widerstandsfähig und nachhaltig machen.
12. Gewährleistung nachhaltiger Konsum- und Produktionsmuster.
13. Klimamaßnahmen.
14. Sicherstellung des Lebens unter Wasser.
15. Schutz, Wiederherstellung und Förderung der nachhaltigen Nutzung terrestrischer Ökosysteme, nachhaltige Bewirtschaftung der Wälder, Bekämpfung der Wüstenbildung, Eindämmung und Umkehrung der Landdegradation und Eindämmung des Verlusts der biologischen Vielfalt.
16. Frieden, Gerechtigkeit und starke Institutionen.
17. Partnerschaft für die Ziele.

- **Weltgipfel für nachhaltige Entwicklung (WSSD):** Erreichen eines umweltgerechten Umgangs mit Chemikalien und allen Abfällen während ihres gesamten Lebenszyklus.
- **Europäischer *Green Deal***
- **Europäische Liste der Abfälle (LoW)**
- **EU-Abfallrahmen-Directive**
- **Basler Übereinkommen** über die Kontrolle der grenzüberschreitenden Verbringung von gefährlichen Abfällen und ihrer Entsorgung.
- **Global harmonisiertes System zur Einstufung und Kennzeichnung von Chemikalien (GHS),** das im Juli 2003 vom Wirtschafts- und Sozialausschuss der Vereinten Nationen formell angenommen wurde.
- **EU-Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung von Chemikalien (REACH)**
- **Verordnung über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von gefährlichen Stoffen (CLP)**
- **UN-Umweltprogramm zu Quecksilber**
- **Internationale Organisation für Normung (ISO):**
 - o ISO 14000
 - o ISO 14001:2015
 - o ISO 9000
 - o ISO 15189
 - o ISO 19011
- **Umwelt-, Gesundheits- und Sicherheitsrichtlinien (EHS) der Internationalen Finanz-Corporation (IFC)** für Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz.
- **Andere EU-Dokumente:**
 - o **Directive 91/157/EWG** über die Beschränkung von Quecksilber in Batterien.
 - o **Directive 67/548/EWG** zur Einstufung und Kennzeichnung von umweltgefährdenden Stoffen.
 - o **Mitteilung der Kommission über technische Leitlinien für die Einstufung von Abfällen (2018/C 124/01)**
 - o **EU-Abfallmanagement-Directive (EU) 2018/851** zur Änderung der Directive 2008/98/EG
 - o **Directive 2011/65/EU** über Beschränkungen in Elektro- und Elektronikgeräten.

3.4. GEFÄHRLICHE CHEMIKALIEN. WIE LABORE DEN EINSATZ GEFÄHRLICHER CHEMIKALIEN REDUZIEREN KÖNNEN.

Die chemische Produktion ist einer der umweltschädlichsten, energie- und ressourcenintensivsten Sektoren und ist eng mit anderen energieintensiven Sektoren und Prozessen verflochten. Die europäische Chemieindustrie hat zwar bereits in verbesserte Produktionsanlagen investiert, doch der grüne und digitale Wandel erfordert noch immer erhebliche Investitionen für den Sektor. Neuartige und sauberere industrielle Verfahren und Technologien würden nicht nur dazu beitragen, den ökologischen Fußabdruck der Chemieproduktion zu verringern, sondern auch die Kosten zu senken, die Marktreife zu verbessern und neue Märkte für die europäische nachhaltige Chemieindustrie zu schaffen.

Die Energieeffizienz muss im Einklang mit den Zielen des europäischen *Green Deal* Vorrang haben, und Kraftstoffe wie erneuerbarer Wasserstoff und nachhaltig erzeugtes Biomethan könnten eine entscheidende Rolle für die Nachhaltigkeit der Energiequellen spielen. Digitale Technologien - wie das *Internet of things*, *Big Data*, künstliche Intelligenz, intelligente Sensoren und Robotik - können ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Ökologisierung von Fertigungsprozessen spielen. Darüber hinaus können chemische Innovationen sektorübergreifend nachhaltige Lösungen hervorbringen, um den gesamten ökologischen Fußabdruck von Produktionsprozessen zu verringern.

Chemikalien sind in unserer Gesellschaft allgegenwärtig und haben zur Verbesserung der menschlichen Gesundheit und Lebenserwartung beigetragen, insbesondere im Gesundheitswesen und in klinischen Laboren. Aufgrund ihrer potenziellen Gefährlichkeit stellen sie jedoch auch eine mögliche Ursache für schädliche Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit und die Umwelt dar (24, 36). Daher ist die Definition und Einstufung gefährlicher Chemikalien von entscheidender Bedeutung, um die Exposition gegenüber diesen Stoffen zu erkennen und zu verhindern. Dies kann durch Etiketten und Sicherheitsdatenblätter geschehen.

Die Definitionen für gefährliche Abfälle sind je nach Land unterschiedlich, doch im Allgemeinen wird gefährlicher Abfall als ein für die menschliche Gesundheit oder die Umwelt schädliches Material definiert, das für seinen ursprünglichen Zweck nicht mehr verwendbar ist und entsorgt werden soll, aber immer noch gefährlich ist (19, 29). Das Risiko kann zunehmen, wenn sich die Abfallzusammensetzung ändert (19). In der EU wird gefährlicher Abfall auf der Grundlage der Entscheidung über das Abfallverzeichnis in Verbindung mit Anhang III der *Waste Framework Directive* definiert.

In klinischen Labors gehören zu den chemischen Abfällen Lösungsmittel und Reagenzien, Sterilisations- und Desinfektionsmittel, Batterien, Schwermetalle aus medizinischen Geräten, radioaktives diagnostisches Material und chemische Gemische (21).

Es gibt verschiedene Eigenschaften, die Chemikalien gefährlich machen können, z. B. explosiv, oxidierend, leicht entzündlich, brennbar, reizend, schädlich, giftig, krebserregend, ätzend, infektiös, fortpflanzungsgefährdend, mutagen, sensibilisierend, ökotoxisch oder in der Lage, bei Kontakt giftige oder sehr giftige Gase freizusetzen mit Wasser, Luft oder einer Säure, sowie Chemikalien, die nach der Entsorgung einen anderen Stoff mit den oben genannten Eigenschaften ergeben (37).

Bei der Beurteilung des Gefahrenpotenzials einer Chemikalie sind mehrere Aspekte zu berücksichtigen (38):

- Physikochemische Eigenschaften.
- Produzierte/importierte und für jede Produktanwendung verwendete Menge.
- Dauer und Häufigkeit der Exposition.
- Umwandlungs- und Abbauprodukte.
- Wichtige Verunreinigungen und Zusatzstoffe.
- Wahrscheinliche Wege in die Umwelt, Verteilung in der Umwelt und Abbau oder Umwandlung.
- Dauer und Häufigkeit der Emissionen in verschiedene Umgebungen und ihre jeweilige Verdünnung.
- Wahrscheinliche Expositions- und Resorptionswege beim Menschen.
- Geografischer Umfang der Exposition.
- Matrixabhängige Freisetzung der Chemikalie.
- Genaue Verfügbarkeit von Expositionsdaten.
- Umgesetztes oder empfohlenes Risikomanagement.

Was die Umweltauswirkungen gefährlicher Chemikalien anbelangt, so können diese entweder bei der Gewinnung, der Herstellung, der nachgeschalteten Verwendung (z.B. in klinischen Laboren) oder durch Entsorgung/Recycling/Wiederverwendung des Stoffes in die natürlichen Ökosysteme gelangen (27). Die Bewertung sollte die potenziellen Auswirkungen auf die aquatischen, terrestrischen und atmosphärischen Kompartimente sowie auf die mikrobiologische Aktivität von Kläranlagen und die Auswirkungen über die Akkumulation in der Nahrungskette umfassen (38). Darüber hinaus variieren die Auswirkungen je nach Art und Menge/Konzentration der Chemikalie, dem betroffenen Umweltkompartiment (Luft, Wasser, Boden), der Dauer der Exposition (akut oder chronisch), dem Zeitpunkt der Freisetzung in das Ökosystem und den exponierten Rezeptoren (z. B. Arten) und deren Empfindlichkeit gegenüber der Chemikalie (27).

Diese Bewertungen helfen bei der Einstufung einer gefährlichen Chemikalie und bei der Festlegung der Konzentration, unterhalb derer keine nachteiligen Auswirkungen auf die Umwelt zu erwarten sind (PNEC-Konzentration) (38). Darüber hinaus gibt es Probleme mit wiederverwendeten Chemikalien in einer Kreislaufwirtschaft, da dies den Umlauf gefährlicher Chemikalien erhöhen kann. Eine wichtige Klasse von Chemikalien sind diejenigen, die als sehr persistent (abbaubeständig) eingestuft werden, da ihre unbegrenzte Stabilität eine Anreicherung auf ein schädliches Niveau fördert (25). In jüngster Zeit haben Kombinationswirkungen von Chemikalien an Bedeutung gewonnen, die in der Exposition bei niedrigen Konzentrationen verschiedener gefährlicher Chemikalien bestehen, selbst wenn alle Stoffe unter dem PNEC-Wert liegen (39).

Die Klassifizierungsliste für gefährliche Stoffe und Chemikalien findet sich im EU-Dokument "Verordnung über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung gefährlicher Stoffe (CLP)" (40) und in der EU-Verordnung zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (*REACH*). Der Europäische Abfallkatalog klassifiziert Abfälle aus der Gesundheitsfürsorge für Mensch und Tier und/oder der damit zusammenhängenden Forschung und unterteilt sie weiter in Abschnitte, die für Chemikalien in klinischen Labors gelten (41):

- 18 01 Abfälle aus der Geburtshilfe, Diagnose, Behandlung oder Vorbeugung von Krankheiten beim Menschen
- 18 01 06 Chemikalien, die aus gefährlichen Stoffen bestehen oder solche enthalten
- 18 01 07 Chemikalien mit Ausnahme der genannten

Dem ECHA/CLP-Verzeichnis zufolge gibt es über 120.000 registrierte Chemikalien und 2.327 von 4.231 gefährlichen Stoffen mit der harmonisierten Einstufung "schädlich für die aquatische Umwelt" (27). Zu den in Europa am häufigsten vorkommenden Bodenverunreinigungen gehören Schwermetalle, Mineralöle und polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) (27). Die folgende Tabelle enthält die am häufigsten registrierten Chemikalien in *REACH* (29):

Substanz	Anzahl der Anmeldungen
Ethanol	707
Calciumdihydroxid	577
Eisen	535
Ethylenoxid	526
Äthylen	450
Holzkohle	413
Aluminiumoxid	412
Aluminium	385
Styrol	358
Methyloxiran	355
Siliziumdioxid	339
Propen	335
Kalziumsulfat	325
Titaniumdioxid	316
Natriumhydroxid	310
Ethan-1,2-diol	306
Silizium	301
Methanol	284
Kalziumoxid	278
Propan-1,2-diol	276

Tabelle 1. Die am häufigsten registrierten Stoffe in REACH.

Darüber hinaus gibt es gemäß der **Directive 2011/65/EU** über Medizinprodukte eingeschränkte Substanzen, die eine zulässige Höchstkonzentration (in homogenen Materialien nach Gewicht) haben, nämlich Blei (0,1 %), Quecksilber (0,1 %), Cadmium (0,01 %), sechswertiges Chrom (0,1%), polybromierte Biphenyle (PBB) (0,1%), polybromierte Diphenylether (PBDE) (0,1%), Bis(2-ethylhexyl)phthalat (DEHP) (0,1%), Butylbenzylphthalat (BBP) (0,1%), Dibutylphthalat (DBP) (0,1%) und Diisobutylphthalat (DIBP) (0,1%) (42). Quecksilber hat ein hohes toxisches Potenzial für Menschen und Wildtiere, insbesondere in Form von Methylquecksilber; die Verwendung dieses Schwermetalls ist jedoch weltweit und in der EU aufgrund der Verfügbarkeit quecksilberfreier Alternativen und zunehmender gesetzlicher Beschränkungen für seine Verwendung rückläufig (43). In Europa wird Quecksilber in der chemischen Industrie, in Beleuchtungsanlagen, Schaltern und elektrischen Steuerungen, Mess- und Kontrollgeräten, Zahnamalgam, Batterien und in Chloralkalanlagen verwendet (43).

Die Gruppe für Umwelt, Gesundheit und Sicherheit (EHS) bei Pfizer Global Research and Development initiierte ein Projekt zur Bewertung der Eignung gängiger Lösungsmittel anhand der Kriterien (i) Sicherheit der Arbeitnehmer, (ii) Prozesssicherheit und (iii) ökologische und regulatorische Überlegungen. Die Empfehlungen wurden in Green Chem., 2008,10, 31-36 (DOI: 10.1039/B711717E) veröffentlicht.

3.5. ZIELE.

Ziel des Moduls GREEN CHEMISTRY ist es, über gefährliche Chemikalien und wirksame Möglichkeiten zur Verringerung gefährlicher Chemikalien in Laboratorien aufzuklären und zu informieren.

- Standardisierung der Nachhaltigkeitsprozesse für *GREEN CHEMISTRY* und gefährliche Chemikalien in klinischen Labors.
- Ermutigung von Fachleuten der Labormedizin zur Umsetzung von Nachhaltigkeitsmaßnahmen in Bezug auf *GREEN CHEMISTRY* und gefährliche Chemikalien.
- Förderung des Datenzuwachses über gefährliche Chemikalien aus klinischen Labors, einschließlich neuer Erkenntnisse und Ergebnisse.
- Unterstützung von Veränderungen in den Einstellungen und Verhaltensweisen der Gemeinschaft in Bezug auf Chemikalien, insbesondere bei den Angehörigen der Gesundheitsberufe.
- Förderung von Bildungsprogrammen im Bereich von *GREEN CHEMISTRY*.
- eine große Anzahl europäischer Länder und klinischer Laboratorien für chemiebezogene Nachhaltigkeitsmaßnahmen zu gewinnen.
- Verhinderung der Verschmutzung von Luft, Wasser und Boden durch gefährliche Chemikalien und der entsprechenden Auswirkungen auf Umwelt, Gesundheit und Wirtschaft.
- Verbesserung der Gesundheit am Arbeitsplatz.
- Steigerung der Ressourceneffizienz.
- Reduzierung der Ausgaben für die Sammlung, Behandlung und Entsorgung gefährlicher chemischer Abfälle.
- Förderung von nachhaltigen Beschaffungssystemen.
- Indirekt die Nachfrage und Innovation für sichere und nachhaltige Chemikalien steigern.

Beschaffung:

Auf das Gesundheitswesen entfällt etwa die Hälfte der staatlichen Ausgaben in der EU, und es gibt mehr als 15.000 Krankenhäuser (44). Daher können klinische Labore eine Rolle bei der Verlagerung von Angebot und Nachfrage nach Chemikalien hin zu umweltfreundlichen Alternativen spielen, indem sie eine umweltfreundliche Beschaffungspolitik verfolgen, die die Auswahl und den Erwerb von Produkten einschließt, die die Umweltauswirkungen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg minimieren: Verwenden Sie, wann immer möglich, wiederverwertbare, recycelte, weniger toxische und lokal produzierte Chemikalien.

Verwaltung und Lagerung von Chemikalienbeständen:

- Bewahren Sie Chemikalien nicht im Abzug auf, insbesondere nicht ohne eine geeignete Dichtung.
- Pflege und Überprüfung des Chemikalieninventars, um Überkäufe zu vermeiden und sicherzustellen, dass abgelaufene Chemikalien ordnungsgemäß entsorgt werden.
- Datum und Verwendung von Chemikalien und Reagenzien nach dem Prinzip "*first in, first out*".
- Kaufen Sie die Mindestmenge an Chemikalien, die Sie benötigen.
- Gemeinsame Nutzung von Chemikalien und Reagenzien:
 - Verstärkte Zusammenarbeit zwischen klinischen Laboratorien.
 - Veranstalten Sie Veranstaltungen zum Teilen und Tauschen von Chemikalien.
- Chemikalienleasing oder *Chemicals-as-a-Service*: ein neues Geschäftsmodell, bei dem der Lieferant vertraglich verpflichtet wird, nur die benötigte Menge an Chemikalien zu liefern, was für beide Seiten gesundheitliche, ökologische und wirtschaftliche Vorteile bringt (19).

Reduzieren und Recyceln von Lösungsmitteln:

Verringern Sie die Verwendung organischer Lösungsmittel durch Recycling, um die Exposition und den Chemikalienabfall zu verringern - viele Lösungsmittel (Aceton, Acetonitril, Xylol, Alkohol, Formalin) können durch Recyclingbetriebe und Händler vor Ort effizient auf einen Reinheitsgrad von 99 % zurückdestilliert werden (34):

- Xylol, Alkohol und Formalin können mit einem *CBG Biotech Supreme Solvent Recycler* (Thermo-Fisher Scientific) recycelt werden.

Kleine Mengen müssen intermittierend zugekauft werden, um die während des Recyclingprozesses verloren gegangene Menge zu ersetzen, was ebenfalls wirtschaftlich günstig ist.

Management chemischer Abfälle:

- In Fällen, in denen der Ausschluss gefährlicher Chemikalien nicht möglich ist, sind ein gezieltes Management und eine sichere und effiziente Abfalltrennung von entscheidender Bedeutung (19).
- Die Entsorgung chemischer Abfälle muss so sicher wie möglich sein, indem sie so nah wie möglich am Herstellungsort hantiert werden (20).
- Kennzeichnen, lagern und entsorgen Sie gefährliche Chemikalien entsprechend den Verfahren und unter Berücksichtigung spezieller klinischer Laborabfälle; schreiben Sie vorzugsweise Standardarbeitsanweisungen (SOPs) für den Umgang mit chemischen Abfällen/gefährlichen Chemikalien.

Rationelle Anzahl von Tests:

Die Kosten für Labortests machen etwa 3 % aller klinischen Kosten aus. Eine gängige Strategie zur Senkung der Ausgaben im Gesundheitswesen ist die stichprobenartige Reduzierung der Laborbudgets und unnötiger Tests (45). So kann die Überprüfung der angeforderten Labortests zur Ermittlung von Testredundanzen die Anzahl der verwendeten Reagenzien und gefährlichen Chemikalien verringern. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat eine Liste der unentbehrlichen *In-vitro*-Diagnostika (IVD) veröffentlicht, in der 35 Testkategorien allgemeiner IVD, die für die Diagnose mehrerer häufiger Krankheiten verwendet werden können, und 27 Testkategorien von IVD für die Behandlung von HIV-Infektionen, Tuberkulose, Malaria, Hepatitis B und C, Syphilis und HPV-Infektionen aufgeführt sind (46).

Politik:

- Einführung einer Umweltpolitik, Bereitstellung von Unterlagen und eines Schulungsprogramms für Mitarbeiter zu Umweltfragen und bewährten Verfahren.
- Förderung von Audits zur Bewertung der Fortschritte vor und nach nachhaltigen Maßnahmen.
- Ernennen Sie einen Umweltmanager und gewinnen Sie die Unterstützung der Geschäftsleitung, indem Sie sich für unternehmerische Verantwortung, finanzielle Vorteile und einen besseren Ruf des Labors bei Kunden und in der Gemeinde einsetzen.
- Gehen Sie mit gutem Beispiel voran und geben Sie Ihren Mitarbeitern Feedback.
- Umsetzung von Kontrollmaßnahmen zur Vermeidung oder Minimierung der Freisetzung von Gefahrstoffen in die Arbeitsumgebung und der Anzahl der exponierten Mitarbeiter. Schulung der Mitarbeiter im Umgang mit gefährlichen Chemikalien, sicheren Arbeitspraktiken und der angemessenen Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung (PSA).

Befürwortung:

Die Gemeinschaft unterstützt im Allgemeinen Umweltinitiativen. Beziehen Sie Gruppen ein, die mit dem klinischen Labor in Verbindung stehen, z. B. Patienten, Auftragnehmer, Kollegen und die Regierung.

3.6. AKTIONEN.

- Veröffentlichung von Aktionsplänen und Leitlinien zu gefährlichen Chemikalien und *GREEN CHEMISTRY*, die auch Umfragen und Checklisten enthalten.
- Schulung der 49 Vertreter der nationalen Gesellschaften zu *Green-Lab*-Delegierten/Botschaftern für das Thema *GREEN CHEMISTRY* und gefährliche Chemikalien.
- Förderung von Treffen mit den nationalen Gesellschaften zu gefährlichen Chemikalien und Nachhaltigkeitsmaßnahmen.
- Einrichtung von Workshops zu *GREEN CHEMISTRY* für die gesamte EFLM-Gemeinschaft.
- Schaffung einer Zertifizierung für "*Green Labs*", einschließlich nachhaltiger Chemie.

4. STRATEGIEN FÜR ENERGIEEINSPARUNG UND NACHHALTIGKEIT

Vorbereitet von:

Wendy Brennan

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied
Abteilung für Virologie, Abteilung für medizinische Mikrobiologie, Galway University Hospital, Galway, Irland

Snežana Jovičić

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied
Abteilung für medizinische Biochemie, Universität Belgrad, Fakultät für Pharmazie, Belgrad, Serbien

4.1. EINFÜHRUNG

Klinische Laboratorien verbrauchen 3-6 mal mehr Energie pro m² als ein typisches Bürogebäude. Dies ist auf den ständigen Betrieb der spezialisierten Laborgeräte, aber auch auf Lüftungssysteme (etwa 50 - 80 % des Energieverbrauchs) sowie auf die Notwendigkeit der Temperatur- und Feuchtigkeitskontrolle zurückzuführen (10).

Der Probentransport sowie die prä-präanalytischen und präanalytischen Phasen sind weitere Bereiche, in denen Überlegungen zur Verringerung des CO₂-Fußabdrucks klinischer Labors angestellt werden (47,48).

Um gute Umweltpraktiken umzusetzen, ist es wichtig, ein Umweltmanagementsystem einzuführen und eine angemessene Nachhaltigkeitspolitik festzulegen. *Data Mining* und künstliche Intelligenz können dazu beitragen, die Energieeffizienz zu maximieren und den CO₂-Fußabdruck zu messen und zu kontrollieren. Dies bietet nachhaltige Lösungen und senkt die Kosten (49). Die Umstellung auf ein nachhaltiges Labor beginnt jedoch bereits mit einfachen und leicht umzusetzenden Reduzierungen durch die Labormitarbeiter, wobei die Geschäftsleitung eine führende Rolle übernehmen und mit gutem Beispiel vorangehen kann.

Umweltverbesserungen sollten auf dem 3R-Konzept beruhen, d. h. Reduktion (Verringerung des Verbrauchs von Energie, natürlichen Ressourcen und unsicheren Produkten), Wiederverwendung (Wiederverwendung von Gegenständen so weit wie möglich, bevor sie ersetzt werden) und Recycling (Verarbeitung gebrauchter Materialien zu neuen Produkten, wodurch Abfälle vermieden und der Verbrauch neuer Rohstoffe, der Energieverbrauch sowie die Luft- und Wasserverschmutzung verringert werden) (9).

Bei der Schätzung des durch den Energieverbrauch verursachten CO₂-Fußabdrucks eines klinischen Labors sollte - abgesehen von den spezifischen Laborgeräten - auch die Laborinfrastruktur berücksichtigt werden, z. B. das Heizungs-, Lüftungs- und Klimatisierungssystem (HVAC), das Beleuchtungs-/Beschattungssystem und die Datenverarbeitungssysteme (Computer). Diese vier Gruppen von Energieverbrauchern realisieren ihre

Umweltauswirkungen nicht nur durch den Verbrauch von Energie (d. h. Strom und Gas), sondern auch durch den Verbrauch von Wasser und die Erzeugung von Abfällen, wie in Abbildung 4 unten dargestellt (50).

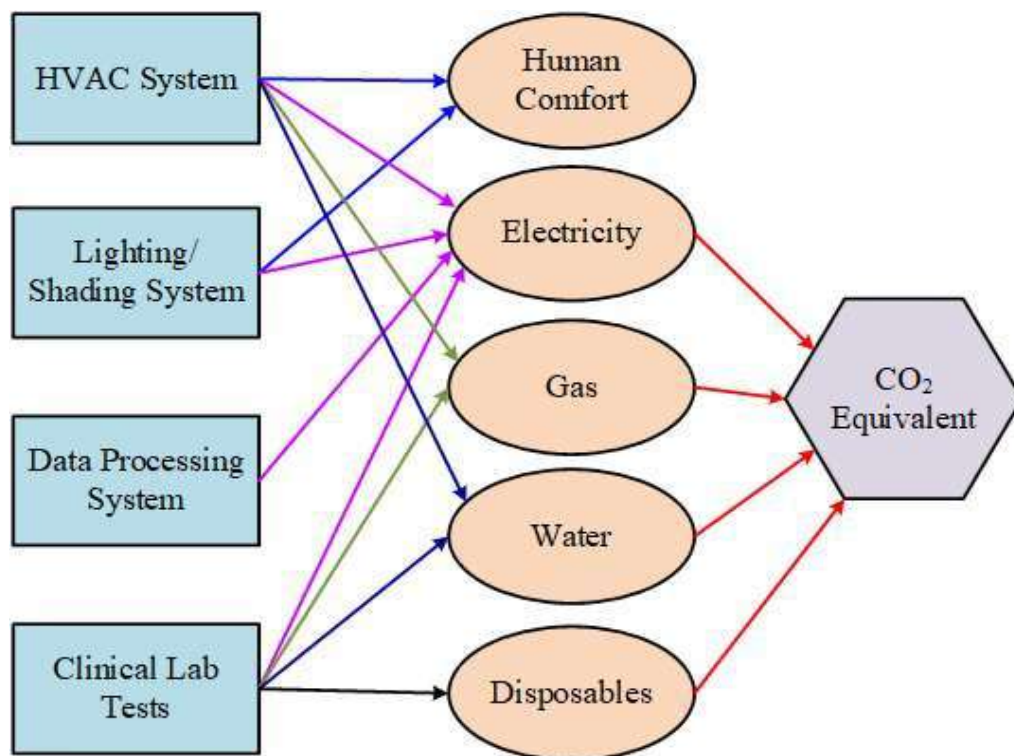


Abbildung 4. Einzelne Energieverbraucher in einem klinischen Labor und ihre Auswirkungen auf den CO₂-Fußabdruck (50).

4.2. UMSETZUNG VON GUTER UMWELTFREUNDLICHER PRAKTIK IN BEZUG AUF DEN ENERGIEVERBRAUCH

Die Ziele für nachhaltige Praktiken in klinischen Laboratorien im Hinblick auf das Management des Energieverbrauchs können wie folgt definiert werden (10,49):

- Verringerung des Energieverbrauchs im Arbeitsablauf des Labors.
- Verringerung des Benzinverbrauchs durch Laborlogistik und Personal:
 - Wenn Sie Fahrzeuge für den Probentransport verwenden, wählen Sie kraftstoffeffiziente Fahrzeuge und deren Routen aus und überprüfen Sie regelmäßig deren Nutzung.
 - Motivieren Sie die Labormitarbeiter, öffentliche Verkehrsmittel, Fahrgemeinschaften oder das Fahrrad zu benutzen, wenn sie zur Arbeit kommen, um ihren individuellen CO₂-Fußabdruck zu verringern.
 - Aufforderung an die Lieferanten, sich an den Bemühungen des Labors zur Einführung guter Umweltpraktiken.
- Energieeffiziente und umweltfreundliche Gestaltung von Labor- und Krankenhausgebäuden:

Anwendung guter Umweltpraktiken bei der Renovierung oder dem Bau eines neuen Laborgebäudes. Setzen Sie LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) zertifizierte Architekten ein, um sicherzustellen, dass die besten Gebäudestrategien und -praktiken umgesetzt werden (51).

- Nutzung erneuerbarer Energiequellen, wann und wo immer dies möglich ist (Wind, Photovoltaik und Solarthermie).
- Zusammenarbeit zwischen Krankenhausgebäuden und Labornetzen zur gemeinsamen Nutzung von Ressourcen.

4.2.1. WIE KÖNNEN LABORE IHREN ENERGIEVERBRAUCH SENKEN?

4.2.1.1. AUSSCHALTEN

Eine der einfachsten Methoden zur Senkung des Energieverbrauchs ist das Ausschalten von Beleuchtung, Computern, Instrumenten und Geräten am Ende des Tages oder wenn sie nicht benutzt werden. Dies ist besonders wichtig bei Geräten, die über ein Heiz- oder Kühlelement verfügen, da diese viel Energie verbrauchen. Die Umsetzung kann durch die Einführung eines "Ampelaufklebersystems" für elektrische Geräte erleichtert werden. Eine Vereinbarung zwischen dem Management und den leitenden Angestellten darüber, welche Geräte ausgeschaltet werden können, wird alle Benutzer ermutigen. Beispiel: **Grün** - Gerät ausschalten, wenn es nicht mehr benutzt wird; **Orange** - mit dem leitenden Personal klären, ob es nach der Benutzung/am Ende des Tages ausgeschaltet werden kann; **Rot** - muss eingeschaltet bleiben (52- 55).

4.2.1.2. INTELLIGENTE TECHNOLOGIE

- Installation von Sensorleuchten in Fluren und selten genutzten Bereichen oder Lagerräumen.
- Ersetzen Sie Beleuchtungskörper durch effizientere, wann und wo immer dies möglich ist, und wechseln Sie von Leuchtstoffröhren zu LED. LEDs bieten die gleiche Lichtintensität, haben eine längere Lebensdauer und verbrauchen 50 % weniger Energie, was ebenfalls zu einer Kosteneinsparung führt.
- Nutzen Sie so viel natürliches Licht wie möglich und verzichten Sie auf den gewohnheitsmäßigen Einsatz von Kunstlicht, wenn ausreichend natürliches Licht vorhanden ist. Außerdem sollten eine Aufgabenbeleuchtung, die bestimmte Arbeitsbereiche beleuchtet, und eine modulare Beleuchtung, die sich an modulare Labormöbel, Bänke, biologische Sicherheitsschränke usw. anpasst, in Betracht gezogen werden (53, 54, 56).

- Zur Ergänzung des Strom- und Wärmebedarfs könnten Solarenergie, nachhaltige Biokraftstoffe und Kraft-Wärme-Kopplungssysteme eingesetzt werden (57).
- Stellen Sie sicher, dass bei Computern, Druckern und Scannern der Energiespar- oder Ruhemodus aktiviert ist, um während des Arbeitstages Energie zu sparen. Verwenden Sie keine Bildschirmschoner, da diese Rechenleistung und Speicherplatz benötigen, was wiederum Energie verbraucht (53, 58).

4.2.1.3. ZWEIMAL ÜBERLEGEN

- Reduzieren Sie das Drucken und halten Sie Ihre Mitarbeiter davon ab, nur bei Bedarf zu drucken.
- Verringerung der Anzahl der gesendeten E-Mails, insbesondere derjenigen mit Anhängen. Die meisten sind sich nicht bewusst, dass eine durchschnittliche E-Mail je nach Anhang einen CO₂-Fußabdruck von 4-50 g CO₂ hinterlässt. Abmeldung von E-Mail-Listen, die keinen Wert haben oder uninteressant sind (59, 60) .

4.2.1.4. ZEITSCHALTUHREN

- Installieren Sie Zeitschaltuhren an Geräten, z. B. an Wasserbädern und Heizblöcken. Zeitschaltuhren sorgen dafür, dass die Geräte bei Bedarf einsatzbereit sind und nicht lange eingeschaltet bleiben, nachdem sie benutzt worden sind.

4.2.1.5. ABZUGSHAUBEN UND BIOLOGISCHE SICHERHEITSWERKBÄNKE (BSC)

- Schließen des Schiebers von Abzugshauben, wenn sie nicht in Gebrauch sind, da der Ventilator dieser Abzugshauben ständig erwärmte oder klimatisierte Luft aus dem Raum ansaugt. Diese Abzugshauben können so viel Energie verbrauchen wie mehrere Häuser pro Tag (56, 58).
- Biologische Sicherheitswerkbänke (BSC) können abgeschaltet werden, wenn sie nicht benötigt werden oder am Ende des Tages. Diese Geräte sind sehr energieintensiv und verbrauchen etwa die Hälfte der Energie eines Hauses pro Tag. Stellen Sie sicher, dass alle kleinen Geräte, die in Abzügen oder BSC verwendet werden, ebenfalls ausgeschaltet werden, wenn sie nicht in Gebrauch sind. Wenn Sie UV-Licht als Dekontaminationsmethode verwenden, installieren Sie eine Zeitschaltuhr und lassen Sie es nur laufen, wenn das Labor leer ist, um UV-Schäden beim Personal zu vermeiden. Ein längerer Betrieb kann die Produkte im Laufe der Zeit zersetzen. Die beste Praxis ist daher ein Betrieb von 30 Minuten, da dies ausreicht, um den Schrank zu dekontaminieren, und eine UV-Dekontamination in den meisten Fällen nicht erforderlich ist (53, 61-63).

4.2.1.6. KÜHL- UND GEFRIERSCHRÄNKE

- Sorgen Sie für Ordnung in Kühl- und Gefrierschränken, um die Öffnungszeiten zu verkürzen und so Energie und Zeit zu sparen.
- Prüfen Sie regelmäßig, was aufbewahrt wird, um zu verhindern, dass sich nicht mehr benötigte Gegenstände ansammeln.
- Tauen Sie routinemäßig Gefriergeräte ab und räumen Sie regelmäßig gelagerte Gegenstände aus, um sicherzustellen, dass sie effizient arbeiten und den Energieverbrauch senken. Füllen Sie leere Räume mit leeren Aufbewahrungsboxen oder Kühlakkus, um eine Übervereisung zu verhindern.
- Wechseln Sie regelmäßig die Filter, die gewechselt werden müssen, reinigen Sie die freiliegenden Kühlschlangen von Kühl- und Gefriergeräten und reinigen Sie die Türdichtungen.
- Wo es möglich ist, kann die Temperatur von -80°C auf -70°C gesenkt werden, ohne die Lebensfähigkeit der gelagerten Gegenstände zu beeinträchtigen oder sie zu gefährden. Es hat sich gezeigt, dass diese Änderung zu Energieeinsparungen von bis zu 30 % führt (52, 53, 58).

4.2.1.7. ABFALL

- Die Autoklaven sollten so effizient wie möglich betrieben werden. Dazu könnte ein zweigleisiger Weg gehören, bei dem die Gegenstände je nach Bedarf zum Autoklavieren oder zum Geschirrspülen geschickt werden. Autoklaven sollten nur betrieben werden, wenn sie voll sind; dies kann bedeuten, dass die Ladung innerhalb der Abteilungen aufgeteilt wird. Die Erstellung eines Zeitplans kann helfen, die Durchläufe zu koordinieren. Vergewissern Sie sich, dass Labor- oder klinische Abfälle, die in den Autoklaven geschickt werden, notwendig sind. Dies sollte in regelmäßigen Abständen überprüft werden, um sicherzustellen, dass die Praktiken aktuell sind.

4.2.1.8. KLIMATISIERUNG

- Achten Sie darauf, dass die Fenster nicht geöffnet sind und keine Heizgeräte verwendet werden, wenn die Klimaanlage in Betrieb ist. Die Temperatur- und Luftfeuchtigkeitskontrolle sollte entsprechend den saisonalen Anforderungen eingestellt werden. Schließen Sie die Türen in Räumen, in denen die Klimaanlage benutzt wird (56).

4.2.1.9. AUSRÜSTUNG UND INSTRUMENTIERUNG

- Wählen Sie bei der Ausschreibung Geräte und Instrumente aus, die mit einem Energiestern ausgezeichnet sind und nur einen geringen Bedarf an Klimaanlage oder Heizung haben. Die energieeffiziente Beschaffung von neuen Geräten und Instrumenten (Geräte mit Sterne-Klassifizierung) ist unerlässlich.

- Manager sollten darauf bestehen, dass Lieferanten nach der Lieferung von Instrumenten und Geräten das Verpackungsmaterial zur Wiederverwendung oder zum Recycling zurücknehmen. Sie sind auch verpflichtet, Altgeräte gemäß den EU-Vorschriften über Elektro- und Elektronik-Altgeräte (WEEE) zum Recycling zu bringen. Stellen Sie sicher, dass alle Geräte sicher gemacht und bei Bedarf dekontaminiert werden.
- Wenn möglich, sollten neue Geräte vor Ort gekauft werden, um den mit der Lieferung und Bereitstellung verbundenen CO₂-Fußabdruck zu verringern.
- Wenn möglich, sollten Sie ein Nachhaltigkeits-Element in die Beschaffung einbeziehen (53, 58, 64).

4.2.1.10. REAGENZIEN UND VERBRAUCHSMATERIAL

- Reagenzien und Verbrauchsmaterialien sollten so lokal wie möglich beschafft und hergestellt werden, um den mit dem Transport verbundenen CO₂-Fußabdruck zu verringern.
- Produkte sollten in großen Mengen eingekauft werden, insbesondere häufig verwendete Artikel in allen Abteilungen. Dies kann sowohl Kosten- als auch Energieeinsparungen mit sich bringen.
- Gespräche mit Lieferanten zur Reduzierung von Verpackungen, insbesondere von schwer oder nicht wiederverwertbaren Verpackungen wie Polystyrol (10, 52).

4.2.1.11. "TEILEN BEDEUTET FÜRSORGE"

- Kleinere Abteilungen oder Laboratorien könnten die gemeinsame Nutzung von Geräten in Erwägung ziehen, anstatt ihre eigenen anzuschaffen. Dies kann beispielsweise bei Autoklaven, Gefriergeräten, Druckern, Abzugshauben, Thermozyklen, Wasser Filter/Entlüfter. All diese Gegenstände lassen sich mit einem Minimum an Planung und Dienstplänen leicht gemeinsam nutzen (52, 54).

4.2.1.12. PROBENTRANSPORT, PRÄ-PRÄANALYTISCHE UND PRÄANALYTISCHE PHASEN

- Wenn möglich, Nutzung von Alternativen wie Fahrrad oder Kleinwagen für den Transport von Proben und Labormaterialien über kurze Strecken.
- Verwenden Sie nach Möglichkeit Hybrid- oder Elektrofahrzeuge für den Transport von Proben und Labormaterialien.
- Erkundung künftiger Alternativen, wie z. B. der Transport durch Drohnen, eine kommende Lösung in verschiedenen Bereichen des Gesundheitswesens (65).

5. ABFALLMANAGEMENTSTRATEGIEN

Vorbereitet von:

Joseph Lopez

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Frühere Zugehörigkeiten: Fachbereich Biomedizinische Wissenschaften, MAHSA-Universität und Institut für medizinische Forschung, Kuala Lumpur, Malaysia.

Alistair Gammie

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Senior Global Director und Leiter von ValuMetrix, Ortho Clinical Diagnostics, Großbritannien.

Von der Gesamtmenge der im Gesundheitswesen anfallenden Abfälle sind etwa 85 % allgemeine, nicht gefährliche Abfälle. Die restlichen 15 % gelten als gefährliches Material, das infektiös, giftig oder radioaktiv sein kann. Maßnahmen zur Gewährleistung einer sicheren und umweltverträglichen Bewirtschaftung von Abfällen aus dem Gesundheitswesen sind unerlässlich, um negative Auswirkungen auf die Gesundheit und die Umwelt zu vermeiden (66).

5.1. STRATEGIEN DER ABFALLWIRTSCHAFT

Laborabfälle sind Abfälle, die in direkten Kontakt mit pathogenen Organismen oder Körperflüssigkeiten und anderen im Labor verwendeten Gegenständen gekommen sind.

Medizinische Abfälle werden in der Regel entweder auf Mülldeponien entsorgt oder verbrannt. Aus Deponien sickern schädliche Chemikalien in den Boden und die Wasserversorgung. Bei der Verbrennung von medizinischen Abfällen entstehen Luftschadstoffe wie Dioxine, Furane und Feinstaub. Die Laboratorien haben eine gesellschaftliche Verpflichtung, ihre Abfälle zu reduzieren und besser zu verwalten. Um dies zu erreichen, muss ein gemeinsamer Druck vom Labor auf die In-vitro-Diagnostik (IVD)-Industrie, die Berufsverbände und die Aufsichtsbehörden ausgeübt werden. Unser Ziel ist es, eine Verbesserung der Umweltleistung zu fördern, die über die obligatorische Einhaltung der Vorschriften hinausgeht und eher auf Motivation als auf gesetzlichen Zwang beruht.

Das Management von klinischen Laborabfällen sollte auf den drei Säulen der guten Umweltpraxis beruhen, nämlich **Reduzierung, Wiederverwendung und Wiederverwertung**. Die beste Strategie für die Bewirtschaftung von Laborabfällen sollte bereits zum Zeitpunkt des Kaufs in Betracht gezogen werden. Das übergeordnete Prinzip für den umsichtigen Umgang mit Laborabfällen ist, dass keine Tätigkeit begonnen werden sollte, ohne dass ein Plan für die Entsorgung von nicht gefährlichen und gefährlichen Abfällen erstellt wurde. Die Anwendung dieses einfachen Grundsatzes stellt sicher,

dass die lokalen und nationalen Vorschriften für den Umgang mit Abfällen eingehalten und unerwartete Schwierigkeiten vermieden werden, wie z. B. die Entstehung von Abfällen (z. B. biologische, chemische oder radioaktive Abfälle), für deren Entsorgung die Einrichtung nicht ausgerüstet ist (66-68). Während die Auswirkungen jeder einzelnen Abfallquelle relativ gering erscheinen mögen, können ihre potenziellen kumulativen Auswirkungen auf die Umwelt erheblich sein. Die Minimierung der in Ihrem Labor anfallenden Abfallmenge kann Ihnen helfen, Ihr Abfallmanagement besser in den Griff zu bekommen. Das Abfallaufkommen muss gemessen und verwaltet werden. Laboratorien sollten bestrebt sein, ihre Abfälle auf folgende Weise zu verwalten:

- (i) Verringerung der Menge
- (ii) Wiederverwendung oder Weitergabe von unerwünschten, überschüssigen Materialien.
- (iii) Behandlung und/oder Wiederverwertung der im Abfall enthaltenen Materialien; und
- (iv) Entsorgung durch Verbrennung, Behandlung oder Vergraben.

Eine Möglichkeit, die Verschwendung zu minimieren, besteht darin, dass nur die notwendigen Tests durchgeführt werden. Dies ist auch wirtschaftlich sinnvoll. Um dies zu gewährleisten, sollten die Testanforderungen überprüft werden. Auch die Reduzierung von Tests ist wirtschaftlich sinnvoll.

5.2. ABFALLKATEGORIEN UND IHRE BEWIRTSCHAFTUNG

Klinische Laborabfälle können auf verschiedene Weise klassifiziert werden. Wir möchten die folgenden Kategorien vorschlagen:

- **Nicht-biologische Feststoffe** wie Kunststoffe, Verpackungen, Elektro- und Elektronikabfälle und verschiedene feste Abfälle wie Papier.
- **Biologische Abfälle:** Diese Kategorie umfasst Glas, scharfe Gegenstände usw.
- **Chemikalien:** flüssig, organisch, fest; dazu gehören Desinfektionsmittel, Lösungsmittel, für Laborzwecke verwendete Reinigungsmittel, Batterien und Schwermetalle aus medizinischen Geräten wie Quecksilber aus defekten Thermometern.

Die Entsorgung chemischer Abfälle wird im Abschnitt über Chemikalien in diesem Dokument behandelt.

5.2.1. MANAGEMENT VON NICHT-BIOLOGISCHEN FESTSTOFFEN

5.2.1.1. KUNSTSTOFFE (69-76)

Die Kunststoffverschmutzung ist zu einem der drängendsten Umweltprobleme geworden. Schätzungen zufolge wurden durch die Herstellung und Verbrennung von Kunststoffen im Jahr 2019 weltweit mehr als 850 Millionen Tonnen Treibhausgase in die Atmosphäre gepumpt. Bis 2050 könnten diese Emissionen auf 2,8 Milliarden Tonnen ansteigen, von denen ein Teil durch besseres Recycling vermieden werden könnte (69).

Einwegkunststoffe machen etwa 40 Prozent des jährlich produzierten Kunststoffs aus. Viele dieser Produkte können über Hunderte von Jahren in der Umwelt verbleiben. Neben der Vermüllung der Umwelt verschmutzt Kunststoff auch durch die Freisetzung von Verbindungen, die bei seiner Herstellung verwendet werden. Die biomedizinischen Wissenschaften sind ein besonders großer Verbraucher von Einwegkunststoffen. Tatsächlich sind einige Wissenschaftsbereiche wie die Molekularbiologie in einer Ära des Einwegplastiks groß geworden. (72)

Mikroplastik, d. h. winzige Kunststoffpartikel, stammt aus vielen Quellen und ist allgegenwärtig. Sie gelangen über Lebensmittel und Wasser in den menschlichen Körper und werden eingeatmet. Mikroplastik schadet nachweislich wild lebenden Tieren und schädigt im Labor menschliche Zellen (71).

VERRINGERTE Verwendung von Kunststoffen

Ersatzstoffe für Kunststoffe: Labore können ihren Kunststoffverbrauch reduzieren, indem sie, soweit möglich, Kunststoff durch Glas ersetzen. Es hat sich gezeigt, dass sich Glas als Ersatz für Kunststoffartikel wie Petrischalen aus Kunststoff, Flaschen verschiedener Formen und Größen, Pipetten und Pipettenspitzen (mit Metallspitzen), Probenröhrchen, Fläschchen, Körbe, Falcon-Röhrchen, Reagenzgläser und Wägeschiffchen bewährt.

Ausrüstung und Reagenzien: Der reduzierte Einsatz von Kunststoffen kann auch schon bei der Ausschreibung von Geräten und Reagenzien erreicht werden. Wählen Sie Geräte von IVD-Unternehmen, die...

- ...Geräte mit reduziertem Kunststoffanteil herstellen.
- ...Produkte mit reduzierter Verpackung und/oder umweltfreundlicher Verpackung liefern (z. B. Kauf von Röhrchen in Beuteln).
- ...bereit sind, die Gehäuse gebrauchter Geräte zur weiteren Verwendung zurückzunehmen.
- ...wiederverwendbares Kunststoffzubehör zulassen (z. B. originale Küvettengestelle wiederverwenden).

Bei der Ausschreibung von Reagenzien für die Diagnostik wird empfohlen, mit den Lieferanten zu verhandeln und die Lieferanten so auszuwählen, dass sie Verpackungsmaterial und gebrauchte Kunststoffbehälter für Reagenzien zurücknehmen und wiederverwenden. Darüber hinaus hilft es der Umwelt, die Zahl der Lieferanten zu reduzieren oder über einen Konsolidierer einzukaufen und so die Zahl der Lieferungen zu verringern.

WIEDERVERWENDUNG von Kunststoffen

- Labore sollten so viele Gegenstände wie möglich wiederverwenden. Wiederverwendbare Gegenstände können vergleichbare Leistungsmerkmale aufweisen wie Einwegmaterialien.
- Wenn möglich, sollten folgende Gegenstände wiederverwendet werden: Pipettenspitzenboxen, Pipetten und Pipettenspitzen bei der Aliquotierung, Wägeschiffchen, Handschuhe (mit Ethanol dekontaminieren), Röhrchen und Küvetten (mit Zwischenspülung), Bechergläser oder Auffangbehälter für die Spitzen.
- Labore sollten Einwegplastikmaterialien auch bei sterilen Verfahren ersetzen, z.B. durch die Wahl von Gewebekulturschalen aus Glas anstelle von Einweg-Plastikschalen. Wenn jedoch Bedenken bestehen, sollte die Wiederverwendung nur für Situationen in Betracht gezogen werden, in denen ein steriles Verfahren nicht erforderlich ist, wie z.B. bei der Arbeit an der *Bench*.

RECYCLING von Kunststoffen

In Europa ist die energetische Verwertung der am häufigsten genutzte Weg zur Entsorgung von Kunststoffabfällen, gefolgt vom Recycling. Etwa 25 % aller anfallenden Kunststoffabfälle werden auf Deponien abgelagert. Die Hälfte der für das Recycling gesammelten Kunststoffe wird exportiert, um in anderen Ländern außerhalb der EU weiterverarbeitet zu werden.

Weltweit schätzten Forscher, dass durch die Herstellung und Verbrennung von Kunststoffen im Jahr 2019 mehr als 850 Millionen Tonnen Treibhausgase in die Atmosphäre gepumpt wurden. Bis 2050 könnten diese Emissionen Schätzungen zufolge auf 2,8 Milliarden Tonnen ansteigen, wovon ein Teil durch besseres Recycling vermieden werden könnte (69).

In der Regel werden Kunststoffabfälle aus dem Labor in Säcke verpackt und "autoklaviert" - ein energie- und wasserintensives Sterilisationsverfahren, bei dem häufig unter Druck stehender Dampf verwendet wird - und dann auf einer Deponie entsorgt. Aber nicht alle Kunststoffabfälle sind zu kontaminiert, um recycelt zu werden (72, 75).

Kuntin (75) und seine Kollegen entwickelten eine "Dekontaminationsstation" mit einer 24-stündigen Einweichung in einem hochwirksamen Desinfektionsmittel, gefolgt von einer Spülung zur chemischen Dekontamination. Außerdem kaufen sie Kunststoffe, die leichter zu recyceln sind. Dank dieser Maßnahmen konnte die Menge an Kunststoff, die zuvor auf Deponien landete, um etwa eine Tonne pro Jahr reduziert werden. Sie haben herausgefunden, wie sie, wann immer es möglich ist, Großeinkäufe tätigen können, um z. B. den Verpackungsmüll zu reduzieren.

Die Kunststoffe, die am häufigsten recycelt werden können, sind Polystyrol (PS), Polypropylen (PP) und Polyethylen hoher oder niedriger Dichte (HDPE/LDPE). Häufig verwendete Verbrauchsmaterialien wie Zentrifugenröhrchen werden aus PP hergestellt, während Kulturschalen und -flaschen in der Regel aus PS bestehen. HDPE und LDPE sind am häufigsten in Deckeln zu finden.

Das Recycling von nicht gefährlichen Kunststoffabfällen wird auch für Labore zu einer Option. Viele Abfallentsorger beginnen damit, nicht gefährliche Kunststoffabfälle aus Labors anzunehmen. Mehrere Hersteller bieten Recyclingprogramme für ihre Produkte an (*EUROPEAN RECYCLERS*) (77). Polycarbin (78) hat ein Kreislaufkonzept für das Recycling von Kunststoffen in Laboratorien entwickelt, und es ist wichtig, dass diagnostische Laboratorien beginnen, die Durchführbarkeit des Recyclings von Kunststoffen zu bewerten.

ALTERNATIVEN zu gängigen Kunststoffen

Mehrere Unternehmen haben an der Entwicklung von Kunststoffen gearbeitet, die aus erneuerbaren und biologisch abbaubaren Quellen hergestellt werden. Dazu gehören BASF und *NatureWorks* (Innetonka, Minnesota, USA). Die BASF hat eine kompostierbare Polyesterfolie namens "Ecoflex®" entwickelt und produziert und vermarktet vollständig biologisch abbaubare Tüten, "Ecovio®", die aus dieser Folie zusammen mit Maniokstärke und Kalziumkarbonat hergestellt werden. Keines dieser Produkte wird jedoch in großem Umfang verwendet.

5.2.1.2. **VERPACKUNG**

Verpackungsmaterialien wie Styropor, Pappe und Papier machen einen großen Teil des Abfallaufkommens aus. Laboratorien können daher...

- ...mit Lieferanten über die Rücknahme und Wiederverwendung von Verpackungsmaterial verhandeln.
- ...darüber hinaus auch mit ihren Lieferanten verhandeln, um die Menge an Papp- und Plastikabfällen zu reduzieren, die in der Verpackung ihrer Produkte enthalten sind. Dies kann jedoch nicht geändert werden, ohne ein ordnungsgemäßes Regulierungsverfahren zu durchlaufen.
- ...in einen Styroporkompressor investieren. Das komprimierte Produkt kann für andere Zwecke verwendet werden.

EMPFEHLUNG: Die Gruppe fordert eine von allen Regulierungsbehörden weltweit vereinbarte Amnestiefrist, die es den Unternehmen ermöglicht, ihre Verpackungsstrategien zu überprüfen und zu verfeinern, um durch ein vereinfachtes Dokumentationsverfahren die Abfallmenge zu minimieren. Dies würde es allen Herstellern ermöglichen, zu diesen Bemühungen beizutragen.

5.2.1.3. **ELEKTROSCHROTT**

Schätzungen zufolge werden im Jahr 2021 weltweit 57,4 Millionen Tonnen Elektroschrott anfallen. Europa hat mit 42,5 % bei weitem die höchste Sammel- und Recyclingquote. Im Jahr 2022 werden auf der Erde über **347 Mio. Tonnen** nicht recycelter Elektroschrott anfallen (79). Elektroschrott ist nicht biologisch abbaubar und sammelt sich daher überall dort an, wo er deponiert wird. Die Deponierung von Elektroschrott ist umweltschädlich, da Giftstoffe wie Quecksilber, Blei, Kadmium, Nickel, Beryllium und Arsen in den Boden und die Gewässer gelangen und die menschliche Gesundheit gefährden können.

Nicht mehr benutzte medizinische Geräte, Leuchtstoffröhren, Batterien, Telefone, Computer usw. sollten recycelt oder gemäß den örtlichen Vorschriften entsorgt werden. Cambridge Design (80) hat ein Papier veröffentlicht, in dem die Vorgehensweisen sowohl für das Labor als auch für die Hersteller beschrieben werden und das einen 10-Punkte-Plan enthält. Die Labors sollten sich bemühen, **umweltfreundliche Elektronik zu kaufen**: Achten Sie auf Produkte, die mit dem Energy Star ausgezeichnet oder vom Electronic Product Environmental Assessment Tool (EPEAT) zertifiziert sind.

5.2.1.4. **EMPFOHLENE MASSNAHMEN FÜR IVD-HERSTELLER**

- **Umweltfreundliche Produkte und Kennzeichnung (auch Umweltzeichen, Öko-Label genannt):** Nachhaltige Produkte können definiert werden als Produkte, die recycelte Materialien enthalten, Abfall reduzieren, Energie oder Wasser sparen, weniger Verpackung verwenden und die Menge der entsorgten oder verbrauchten Giftstoffe verringern. Die Hersteller sollten sich einem Modell der Umweltkennzeichnung anschließen, wie es z.B. in der EU eingeführt wurde, bei dem Haushaltsgeräte auf der Grundlage vereinbarter Kriterien mit einer Energieeffizienzklasse von A bis E bewertet werden.
 - **Hardware:** Aus der Sicht der Hardware sollte die Verlängerung der Lebensdauer der Geräte stärker berücksichtigt werden, sei es durch ein Aufarbeitungs-/Wiederverwertungsmodell vor Ort mit längeren Austauschzeiten und/oder durch Kannibalisierungsinitiativen, bei denen zumindest die Schalen gebrauchter Instrumente verwendet werden.

- **Software:** Die Veralterung von Software führt oft zur Einführung neuer Hardware. Wir fordern die Hersteller auf, ihre Produkte so zukunftssicher zu machen, dass neue Software mit künstlicher Intelligenz (KI, maschinelles Lernen) verwendet werden kann, ohne dass das gesamte Gerät ersetzt werden muss.
- **Chemie im Mikromaßstab:** Die Verkleinerung von Testverfahren auf ein praktisches Minimum reduziert die Gesamtmenge des anfallenden Abfalls. Dies hat auch Sicherheits- und Kostenvorteile.

5.2.2. **ENTSORGUNG VON BIOLOGISCHEN LABORABFÄLLEN (81,82)**

In Anlehnung an die Protokolle der Universität von Connecticut und der Universität von North Carolina in Chapel Hill:

5.2.2.1. **DEFINITION UND BESCHREIBUNG VON BIOABFALL**

Biologische Laborabfälle können definiert werden als infektiöse oder potenziell infektiöse pathologische Abfälle sowie die bei ihrer Handhabung und/oder Lagerung anfallenden Behältnisse und Materialien. **Biologische Abfälle** umfassen:

- Flüssigkeiten: Zellkulturmedien, Überstand, Blut oder Blutfraktionen (Serum) usw., die lebensfähige biologische Stoffe enthalten.
- Alle Teile des menschlichen Körpers, Gewebe und Körperflüssigkeiten, auch solche, die nicht infektiös sind.
- Jeder Teil eines Tieres, der mit einer übertragbaren Krankheit infiziert oder potenziell infiziert ist.
- Nicht scharfe, feste Laborabfälle (leere Zellkulturflaschen und Petrischalen aus Kunststoff, leere Kunststoffröhrchen, Handschuhe, Verpackungen, saugfähige Tücher usw.), die mit lebensfähigen biologischen Stoffen kontaminiert sein können.
- Alle scharfen und spitzen Gegenstände, die in der medizinischen Versorgung, Diagnose und Forschung verwendet werden.
- Laborglas, von dem angenommen wird, dass es mit gefährlichen biologischen Stoffen kontaminiert ist.
- Jegliches Material, das aus verschütteten infektiösen oder chemotherapeutischen Abfällen gesammelt wird.
- **Mit infektiösen Abfällen vermischte Abfälle**, die nicht als chemisch gefährliche Abfälle oder radioaktive Abfälle angesehen werden können.

5.2.2.2. **ENTSORGUNGSVERFAHREN**

Flüssige Abfälle

Biologische Flüssigabfälle können unter fließendem Wasser in den Abfluss (Kanalisation) geschüttet werden, nachdem sie durch Autoklav oder Chemikalien dekontaminiert worden sind. Das Waschbecken sollte nach dem Entsorgungsvorgang gut ausgespült und desinfiziert werden.

Chemische Dekontamination: Dazu kann PRESEPT™ verwendet werden, ein biozides Desinfektionsmittel, das auf der Wirkung von NaDCC (Natriumdichlorisocyanurat) basiert. Es bietet Schutz gegen alle Organismen, einschließlich MRSA, HIV, Hepatitis B und Herpesviren. Das denaturierte Blut kann über eine Schleuse oder eine Laborspüle mit reichlich Wasser entsorgt werden. Feststoffe, die zu groß für die Laborspüle sind, können über den Biomüll entsorgt werden.

Abfälle mit scharfen/spitzen Gegenständen

- Einige Behälter mit scharfen/spitzen Gegenständen können beim Autoklavieren schmelzen; in diesem Fall sollte eine chemische Dekontamination des Inhalts erfolgen. Für die chemische Dekontamination ist ein Desinfektionsmittel zu verwenden, das dem vom US-EPA zugelassenen tuberkuloziden Wirkstoff entspricht, z. B. ein auf eine Endkonzentration von 10 % verdünntes haushaltsübliches Bleichmittel. Füllen Sie die entsprechende Verdünnung des Desinfektionsmittels ein und lassen Sie sie über Nacht stehen. Leeren Sie die Flüssigkeit, versiegeln und beschriften Sie das Gefäß und legen Sie es in die Box-Bag-Einheit.
- Alternativ können unbehandelte versiegelte Behälter mit scharfen/spitzen Instrumenten zusammen mit anderen unbehandelten biologischen Abfällen in die Box-Bag-Einheiten gegeben werden. Auf jedem Behälter für scharfe/spitze Abfälle, der in die Box-Bag-Einheit gegeben wird, muss die Adresse der Einrichtung angebracht sein und angegeben werden, ob es sich um behandelte oder unbehandelte Abfälle handelt.

Abfälle ohne scharfe/spitze Gegenstände

Für die Entsorgung sind folgende Methoden zulässig:

- Biologische Abfälle, die durch einen Autoklaven, eine chemische Desinfektion oder eine andere geeignete Dekontaminationsmethode dekontaminiert wurden, können gekennzeichnet und als ungefährliche/nicht-infektiöse Abfälle im normalen Müll entsorgt werden.
- Wenn ein Autoklav zur Verfügung steht, autoklavieren Sie die Abfälle in einem Autoklav-Beutel, bringen Sie ein Autoklav-Indikatorband an und legen Sie sie in eine autoklavsichere Schale. Nach dem Autoklavieren und dem Abkühlen des Beutels die restliche Flüssigkeit ablassen und den versiegelten Abfall zur Abholung in die Box-Bag-Einheit legen. Verflüssigtes Agarmedium nicht in den Abfluss gießen. **Autoklavieren Sie keine Behälter oder andere Gefäße, die Bleichmittel enthalten.** Die Kombination von Bleichmittel und Baumwoll- und Ölresten (unsachgemäß gereinigte Autoklaven) kann zu einer explosiven Verbrennung im Autoklaven führen.

Gemischte Abfälle:

Folgen Sie der nachstehenden Formel, um den Abfallstrom zu bestimmen.

Biologisch + gefährliche Chemikalien = chemischer Abfall

5.2.2.3. **LAGERUNG, KENNZEICHNUNG UND TRANSPORT VON BIOLOGISCHEN ABFÄLLEN**

Lagerung: Biologische Abfälle dürfen nicht angesammelt werden. Er sollte täglich oder in regelmäßigen Abständen dekontaminiert und entsorgt werden. Ist die Lagerung von kontaminiertem Material erforderlich, so muss sie in einem festen Behälter abseits des allgemeinen Verkehrs und vorzugsweise in einem gesicherten Bereich erfolgen. Behandelte biologische Abfälle, ausgenommen gebrauchte scharfe/spitze Instrumente, können bei Raumtemperatur gelagert werden, bis der Lagerbehälter oder die Box-Bag-Einheit voll ist, jedoch nicht länger als 48 Stunden. Er kann bis zu 1 Woche nach dem Datum der Entstehung gekühlt werden. Biologische Abfälle müssen datiert werden, wenn sie zur Lagerung gekühlt werden. Wenn biologische Abfälle während der Lagerung faulig werden, müssen sie innerhalb von 24 Stunden zur Verarbeitung und Entsorgung an einen anderen Ort gebracht werden. Behälter für scharfe/spitze Instrumente können bis zu einer Füllung von 2/3 bis 3/4 verwendet werden; danach sollten sie dekontaminiert werden, vorzugsweise durch Autoklavieren, und als regulierter medizinischer Abfall entsorgt werden.

Kennzeichnung von biomedizinischen Abfällen:

- Jeder einzelne Beutel oder Behälter mit scharfen/spitzen Instrumenten sollte mit der Adresse der Einrichtung, dem Gebäude des Erzeugers und der Raumnummer beschriftet sein. Geben Sie an, ob der Abfall in der Box behandelt oder unbehandelt ist.
- Nicht-biologisch gefährlicher/nicht-infektiöser Abfall sollte mit Etiketten versehen werden.
- Zum Nachweis der Dekontamination sollte ein Autoklaven-Indikatorband verwendet werden.

Transport: Der Transport von biologischen Abfällen außerhalb des Labors zu Dekontaminationszwecken oder zur Lagerung bis zur Abholung muss in geschlossenen, auslaufsicheren Behältern erfolgen, die mit "biohazard" gekennzeichnet sind. Der Transport von regulierten medizinischen Abfällen oder biologisch gefährlichen biologischen Abfällen über öffentliche Straßen muss den staatlichen Transportvorschriften entsprechen

5.2.2.4. **DEKONTAMINATION DURCH AUTOKLAVIEREN**

Das Dampfautoklavieren gilt in der Regel als die Methode der Wahl für die Dekontamination von Kulturen, Laborglas und anderen kleinen Gegenständen, die bekanntermaßen mit Infektionserregern kontaminiert sind. Der Standort des Autoklaven innerhalb des Labors minimiert Lager- und Transportprobleme. Autoklavierte Abfälle können als allgemeiner Abfall entsorgt werden.

Die Protokolle für die Dampfsterilisation können von Labor zu Labor unterschiedlich sein. Ein schriftliches Arbeitsverfahren sollte mindestens Folgendes enthalten:

- Legen Sie die durch Tests ermittelten Parameter fest, die eine gleichmäßige Behandlung gewährleisten, wie z. B. Einwirkzeit, Temperatur und Druck.
- Identifizieren Sie die Standard-Behandlungsbehälter und die Platzierung der Ladung in der Dampfbehandlungseinheit.
- Ein fortlaufendes Schulungsprogramm für alle Benutzer vorsehen und durchführen.
- Ein Qualitätssicherungsprogramm vorsehen, um die Einhaltung des Plans zur Bewirtschaftung biologischer Abfälle zu gewährleisten.
- Für jede Dampfbehandlungsanlage sollte ein schriftliches Protokoll geführt werden. Biologische Abfälle sollten einer Dampfbehandlung mit ausreichender Temperatur, ausreichendem Druck und ausreichender Zeit unterzogen werden, um eine Abtötung von *Bacillus stearothermophilus*-Sporen in der Mitte der Abfallfracht von mindestens Log 4 nachzuweisen. Abfälle gelten nicht als behandelt, wenn das Band oder ein gleichwertiger Indikator nicht anzeigt, dass während des Prozesses eine Temperatur von mindestens 250 Grad Fahrenheit (121 Grad Celsius) erreicht wurde. Die Wirksamkeit der Sterilisation sollte mindestens alle 40 Betriebsstunden mit Sporen von *Bacillus stearothermophilus* getestet werden.

6. WASSEREINSPARUNGSSTRATEGIE FÜR NACHHALTIGKEIT

Vorbereitet von:

Ferhan Sagin

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Ege-Universität, Medizinische Fakultät, Abteilung für medizinische Biochemie, Bornova, İzmir, Türkei.

Sanja Stankovic

EFLM Task Force - Green Labs, Mitglied

Universität Kragujevac, Serbien, Fakultät für medizinische Wissenschaften, Abteilung für Biochemie und Universitätsklinikum Serbien, Zentrum für medizinische Biochemie, Belgrad, Serbien

6.1. EINFÜHRUNG

Die Wasserkrise wird als das größte globale Risiko für das kommende Jahrzehnt bezeichnet (83). Das sechste Ziel für nachhaltige Entwicklung der Agenda 2030 der Vereinten Nationen bezieht sich auf Wasser und unterstreicht die Bedeutung der Wasserbewirtschaftung für den Erhalt der Menschheit (84). Weltweit verbrauchen klinische Laboratorien viel Wasser (vier- bis fünfmal mehr als kommerzielle Gebäude ähnlicher Größe), um unter anderem die Prozess- und Kühllasten zu erfüllen (10, 85, 86). Obwohl die Wassereinsparung ignoriert, übersehen und oft fälschlicherweise als praktisch unbegrenzt und kostenlos angesehen wird, stellt sie den Schlüsselaspekt eines nachhaltigen Labors dar. Wassereinsparung wird definiert als jede Maßnahme, die die Wasserentnahme aus Wasserversorgungsquellen verringert, den Verbrauch reduziert, den Verlust oder die Verschwendung von Wasser verringert, die Effizienz der Wassernutzung verbessert, das Recycling und die Wiederverwendung von Wasser erhöht oder die Verschmutzung von Wasser verhindert (87).

Warum sollte Wassereinsparung in Laboren Priorität haben? Zunächst einmal gibt es in den Laboren eine Vielzahl von Geräten, die Wasser verbrauchen, und mit kleinen Schritten ist es relativ einfach, die Effizienz zu verbessern, was ein hervorragendes Einsparungspotenzial mit sich bringt. Finanzielle Einsparungen können durch effizienteren Umgang mit Wasser erzielt werden, ohne dass große Investitionskosten anfallen. Viele dieser Einsparungen können durch kleinere Reparaturen an der bestehenden Infrastruktur und durch das Verhalten der Mitarbeiter sofort realisiert werden, während andere eine anfängliche Kapitalinvestition erfordern, die sich innerhalb einer bestimmten Zeit amortisieren kann. Andererseits wird durch die Reduzierung des Wasserverbrauchs in den Laboren sichergestellt, dass die Menschheit auch in Zukunft über eine sichere Wasserversorgung verfügen wird. Außerdem wird durch die Einsparung von Wasser auch Energie gespart. Durch die Steigerung der Effizienz durch Wassereinsparung und Recycling können Laboreinrichtungen den Energieverbrauch und damit den CO₂-Fußabdruck weiter senken.

Zur Vorbereitung der Entwicklung einer Wasserstrategie sollte die Frage der Wasserbewirtschaftung auf der Ebene der Unternehmensleitung angesprochen und Unterstützung zugesichert werden. Die Unternehmensleitung sollte auch die Möglichkeit erörtern, Ziele der Wassereffizienz in die wichtigsten Leistungsindikatoren zu integrieren (88).

Auch wenn Labore ihren Wasserverbrauch nie auf das Niveau von Büroräumen senken können, lohnt es sich, an effizienten Einsparungsstrategien zu arbeiten und den Wasserverbrauch so gering wie möglich zu halten. Die Laboratorien sollten anfangs nicht zu ehrgeizig sein. Sie sollten sich zunächst erreichbare Ziele für die Einführung guter Umweltpraktiken setzen und mit Praktiken beginnen, die machbar sind. Dazu gehört die Reduzierung des Wasserverbrauchs (49). Alle Bemühungen sollten als ein Prozess der kontinuierlichen Verbesserung betrachtet werden.

Die Ziele für nachhaltige Praktiken in klinischen Laboratorien in Bezug auf den Wasserverbrauch können wie folgt definiert werden (9,51,58,89):

- Bewertung der Wasserqualität, die für jeden Laborprozess benötigt wird.
- Verringerung des Wasserverbrauchs im Arbeitsablauf des Labors.
- Verabschiedung einer umweltfreundlichen Beschaffungspolitik.
- Verbesserung der Prozessausrüstung im Labor (Kühlung der Ausrüstung, Spülung und Durchflusskontrolle).
- Wassereffiziente und umweltfreundliche Gestaltung von Labor-/Krankenhausgebäuden - Anwendung von LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) bei Laborprojekten (Wassereffizienz als eine von sieben Kategorien).
- Nutzung alternativer Wasserquellen, wann und wo immer dies möglich ist (Rückgewinnung von Kondensat aus Klimaanlage und Auffangen von Regenwasser).
- Zusammenarbeit zwischen Krankenhausgebäuden und Labornetzen zur gemeinsamen Nutzung von Ressourcen.

6.2. WIE KÖNNEN LABORATORIEN DEN WASSERVERBRAUCH REDUZIEREN

6.2.1. WASSERVERBRAUCH MESSEN/ÜBERWACHEN (53,58,61,90-95)

- Leitungswasser: Drehen Sie den Wasserhahn immer zu, wenn er nicht benutzt wird. Verwenden Sie elektronische Wasserhähne, die sich automatisch abschalten, wenn sie nicht benötigt werden. Stellen Sie Schilder auf, die daran erinnern, das Wasser abzustellen.
- Timer benutzen: Installieren oder verwenden Sie Zeitschaltuhren für kritische oder kontinuierliche Wasseranwendungen.
- Einbau von Wasserperlatoren mit niedrigem Durchfluss.

- **Installieren Sie Perlatores** mit niedrigem Durchfluss an Laborarmaturen. Perlatores mit geringem Durchfluss sind kleine, sehr billige Geräte, die einfach auf den Wasserhahn geschraubt werden, den Durchfluss auf 1,5 bis 0,5 Gallonen/Minute reduzieren und den Strom mit Luft mischen, wodurch die Wasserverschwendung reduziert wird, ohne die Produktivität des Wasserverbrauchs zu beeinträchtigen. In Labors ohne Perlatores oder mit veralteten Perlatores sollten neue Perlatores installiert werden.
- **Durchflussbegrenzer einbauen**
Bei einer Reihe von Armaturen (z. B. Handwaschbecken, Spülen und Waschrinnen) ist der Wasserdurchfluss unregelmäßig, was zu einem höheren Verbrauch führen kann. Der Einbau von Durchflussbegrenzern mit ausgeglichenem Druck ist im Allgemeinen eine kostengünstige Möglichkeit, den Wasserverbrauch zu senken, ohne die funktionalen Anforderungen zu beeinträchtigen.
- **Einbau von Spülenbelüftern**
Im Labor bedeutet dies, alle Schläuche und Widerhaken von den Wasserhähnen zu entfernen, einen Spülenbelüfter einzuschrauben und die Schläuche (die zum Füllen von Behältern und zur Vermeidung von Spritzern verwendet werden) zu ersetzen und mit einer Schelle zu befestigen. Die Geräte sind sehr preiswert, die Installation ist in fünf Minuten erledigt, und das Ergebnis ist eine Reduzierung des Wasserverbrauchs um bis zu 50 %.
- **Installieren Sie Wasserdosiersysteme** (*Water Misers*), um den Wasserverbrauch zu senken (die Installation von Wasserdosiersystemen in Autoklaven und Sterilisatoren reduziert den Wasserverbrauch um 50 %).
- **Durchführung eines Wasser-Audits** (Identifizierung von Verwendungszwecken, Verbrauchsmustern und Quantifizierung potenzieller Wassereinsparmöglichkeiten)
- **Installation von Wasserzählern mit Datenerfassung** für den Wasserzulauf ermöglicht eine laufende Überwachung. Dies hilft, Trends, Verbrauchsmuster und Leckagen zu erkennen. Datenerfassungszähler in Grenzsituationen sind nützlich, da Daten außerhalb der Öffnungszeiten (wenn der Wasserverbrauch voraussichtlich sehr niedrig ist) leicht verfügbar werden. Die Datenlogger werden in der Regel von Ihrem Wasserversorger bezogen.
- **Installation von Unterzählern** - Die Messung einzelner Gebäude und wichtiger Prozesse ermöglicht die Überwachung des Verbrauchs und der Trends am gesamten Standort. Die Verwendung von Zählern, die an ein Gebäudemanagementsystem (BMS) angeschlossen sind, ermöglicht eine einfache Datenerfassung.
- **Regelmäßige Wartung und Überprüfung des Sanitärsystems** (gemäß den bestehenden Standardbetriebsverfahren des Labors).
- **Prüfen Sie, ob Wasserhähne undicht sind**, und melden Sie diese umgehend der Gebäudetechnik oder Ihrem Gebäudemanager, damit sie sofort repariert werden. Ein undichter Wasserhahn, der nur einmal pro Sekunde tropft, kann pro Jahr 3.000 Gallonen Wasser verschwenden.

- **Überprüfen Sie Autoklaven, Eismaschinen und wassergekühlte Geräte** (überall dort, wo Sie eine Leitung haben, die ständig Wasser führt) auf Undichtigkeiten und melden Sie diese umgehend der Abteilung für Einrichtungen oder Ihrem Gebäudemanager zur sofortigen Reparatur.

6.2.2. AUSRÜSTUNG UND INSTRUMENTIERUNG

Auswahl von Ausrüstung und Instrumenten (9)

- Bei der Bewertung von Geräten und Instrumenten vor dem Kauf sollte eine Bewertung des Wasserverbrauchs eingeführt werden. Bevorzugt werden sollten Geräte mit geringem Wasserverbrauch, Hersteller, die umweltfreundliche Herstellungsverfahren anwenden, und/oder solche, die über eine ISO-Zertifizierung für gute Umweltpraktiken verfügen, um auf diese Weise das Engagement des Labors für die Umwelt zu unterstützen.
- Wenn möglich, sollten Sie ein grünes Element in die Beschaffung einbeziehen. Nachhaltige Beschaffung, manchmal auch als umweltfreundliche Beschaffung bezeichnet, kann eine wichtige Rolle bei der Umsetzung der Nachhaltigkeitsstrategien eines Krankenhauses spielen.
- Die Umstellung auf ein automatisiertes Laborsystem bietet die Möglichkeit, die Umweltverträglichkeit für Patienten und Labor erheblich zu verbessern (weniger Blutröhrchen für jeden Patienten, geringere Materialkosten, weniger Wasserverbrauch und Abfall).

6.2.3. LABORKÜHLTÜRME (89)

Kühltürme, die Teil vieler Laborgebäude sind, stellen möglicherweise die größte Einzelmöglichkeit für eine höhere Wassereffizienz dar:

- Die Erhöhung der Rücklaufrate des Turms verringert den Verbrauch von Zusatzwasser.
- Bessere Überwachung und Verwaltung der Wasserchemie.
- Verwendung von Leitfähigkeits- und Durchflussmessern
- Entwurf für eine größere Wassereffizienz durch Abluftreinigung oder eine hybride Turmkonstruktion
- Einsatz von Nebenstromfiltration, Sonnenlichtabdeckungen, alternativen Wasseraufbereitungssystemen und automatisierten chemischen Zufuhrsystemen
- Einsparungen bei den Wasser- und Abwasserkosten, Einsparungen ergeben sich auch daraus, dass weniger Chemikalien zur Wasseraufbereitung gekauft werden müssen.

6.2.4. AUSRÜSTUNG FÜR LABORPROZESSE

Ausrüstung Kühlung, Ausrüstung für die Spülung und Durchflusskontrolle (53,89-91).

Darüber hinaus kann die Wassereffizienz bei der Kühlung von Geräten, beim Spülen und bei der Durchflussregelung erreicht werden:

- Reduzierung/Vermeidung der *Single-Pass*-Kühlung (diese verbraucht in der Regel mehr Wasser als jede andere Kühlmethode in Labors). Die beste Möglichkeit, die mit der *Single-Pass*-Kühlung verbundene Wasserverschwendung zu bekämpfen, ist die Verwendung eines Umlaufverfahrens oder eines Kühlkreislaufs durch ein Kaltwasserbad. Wenn Sie dies aus Ihrem Arbeitsablauf eliminieren, können Sie jedes Jahr Hunderttausende von Litern Wasser einsparen und das Risiko einer Überschwemmung vermeiden. Wenn möglich, verlegen Sie Ihren Prozess in einen kühleren Raum.
- Verwendung von kleinen, kompakten Kühlern für eine bessere Wasserkontrolle und einen geringeren Wasserverbrauch.
- Gegenstromspülung, um das sauberste Wasser nur für die letzten Schritte eines Spülvorgangs zu verwenden sowie Chargenverarbeitung
- Verwendung eines Regel- oder Magnetventils, um den Wasserdurchfluss nur dann zu ermöglichen, wenn das Gerät benutzt wird.

Auch nicht spezialisierte Geräte wie Wasseraufbereitungs-, Sterilisations-, Foto-, Röntgen- und Vakuumsysteme können von der Einführung wassersparender Verfahren profitieren.

6.2.5. NICHTSPEZIALISIERTE AUSRÜSTUNG

Nicht spezialisierte Geräte wie Laborwasseraufbereitung, Sterilisation, Foto-, Röntgen- und Vakuumsysteme können ebenfalls von der Einführung von Prozessen zur Wassereffizienz profitieren:

6.2.5.1. WASSERAUFBEREITUNGSANLAGEN (53,86,91,92,96-98)

- Verwenden Sie die Wasseraufbereitung nur, wenn es notwendig ist, und passen Sie das Verfahren an die tatsächlich benötigte Wasserqualität an.
- Spülen Sie sperrige Gläser oder Geräte mit normalem Leitungswasser, bevor Sie deionisiertes Wasser für den letzten Spülgang verwenden.
- Bestimmen Sie die Wasserqualität, die für jede Anwendung erforderlich ist; verwenden Sie die niedrigste geeignete Qualitätsstufe, um das System zu planen (FEMP 2004).

Beschränken Sie die Verwendung von deionisiertem Wasser. Das *College of American Pathologists* (CAP) empfiehlt, dass das gesamte für Laboruntersuchungen verwendete Wasser mindestens dem vom *Clinical Laboratory Standards Institute* (CLSI) festgelegten Standard für klinisches Laborreagenzwasser (CLRW) entspricht. Darüber hinaus muss das Speisewasser für Geräte den Spezifikationen des Geräteherstellers entsprechen, die strenger sein können als die CLRW-Normen, um genaue und reproduzierbare Ergebnisse zu gewährleisten.

- Wählen Sie ein Filtrationsverfahren, das den Anforderungen des Labors an hochwertiges Wasser entspricht, einschließlich der Gesamtmenge und der Geschwindigkeit, mit der es benötigt wird, damit das System richtig ausgelegt und dimensioniert werden kann.

Das Hauptaufbereitungsverfahren ist in der Regel eine Umkehrosmose-Membran, die bis zu 99 Prozent der Wasserverunreinigungen entfernt. Zu den weiteren unterstützenden Technologien gehören spezielle Module und Kartuschen, UV-Lampen und Ultrafiltration, um sicherzustellen, dass die CLRW-Wasserqualität konstant und zuverlässig eingehalten wird, während gleichzeitig die Betriebskosten und die Notwendigkeit von Benutzereingriffen minimiert werden.

- Ziehen Sie den Einsatz eines der proprietären Systeme zur Verbesserung der Systemeffizienz in Erwägung. Mit dem Modell, das überschüssige Chemikalien aus dem Film entfernt, wird die Chemikalienverschleppung um 95 % reduziert und die für den Waschzyklus benötigte Wassermenge verringert.

6.2.5.2. DESINFEKTIONS-/STERILISATIONSSYSTEME (89,91,92,98)

- Konzentration auf den Wasserverbrauch von Autoklaven und Sterilisatoren, die große Mengen an Wasser verbrauchen können.
- Mit voller Kapazität arbeiten.
- Stellen Sie die Geräte auf Stand-by-Modus oder schalten Sie sie aus, wenn sie nicht in Betrieb sind, oder installieren Sie eine automatische Abschaltfunktion, wenn diese den normalen Betrieb des Geräts nicht beeinträchtigt.
- Wählen Sie die richtige Größe des Autoklaven für die Anzahl der Zyklen, die Sie durchführen.
- Beim Kauf von Autoklaven auf Wassereffizienz achten.
- Stellen Sie die Durchflussraten auf die vom Hersteller empfohlenen Mindestwerte ein, und überprüfen Sie diese regelmäßig und passen Sie sie an.
- Installation von wassersparenden Vorrichtungen an bestehenden Autoklaven, wann immer dies möglich ist.
Erwägen Sie die Anschaffung eines Nachrüstsatzes zur Wassereinsparung, von denen es inzwischen viele für ältere Geräte gibt. Sie reduzieren den Wasserverbrauch, indem sie entweder den Durchfluss des Temperierwassers regeln (Einsparung von ca. 2900 Gallonen pro Tag) oder den Venturi-Mechanismus zum Ansaugen eines Vakuums ersetzen (Einsparung von ca. 90 Gallonen pro Zyklus).
- Es gibt neuere Modelle, die weniger Wasser (und Energie) verbrauchen.

6.2.5.3. FOTOGRAFISCHE UND RÖNTGENSYSTEME (9)

- Umstellung auf digitales Röntgen und Fotografieren sowie auf computergesteuertes Drucken, um den Bedarf an Chemikalien und Wasser für den Druck zu eliminieren

6.2.5.4. UNTERDRUCKSYSTEM (9,92,97,98)

- Verzicht auf Vakuum-Sauger. Verwenden Sie stattdessen eine Vakuumpumpe. Dadurch lassen sich etwa 900 Liter Wasser pro Betriebsstunde einsparen.
- ein Labor-Vakuumsystem zu installieren oder kleine elektrische Vakuumpumpen einzusetzen, um die für Vakuumanwendungen erforderlichen Druckunterschiede zu erzeugen
- Schalten Sie Vakuumpumpen immer aus, wenn sie nicht in Gebrauch sind. Wenn Sie die Vakuumpumpen ständig laufen lassen, führt dies zu einem Ausfall der Pumpen und einem übermäßigen Wasserverbrauch für die Kühlung.

6.2.5.5. WASSERBÄDER (54,95,96,98)

- Wenn Sie mit einem Wasserbad arbeiten, decken Sie es immer ab. So können Sie die gewünschte Temperatur mit weniger Energieaufwand aufrechterhalten und die Verdunstung verringern.
- Verwenden Sie geschmolzenes Eis für unsterile Verfahren wie das Füllen von Wasserbädern.
- Verwenden Sie ein wasserloses "Wasserbad" oder ein Perlbad als Alternative zu einem herkömmlichen Wasserbad, um den Wasser- und Energieverbrauch zu senken und das Risiko von mikrobiellem Wachstum und Probenkontamination zu verringern.

6.2.5.6. Eisbereiter (98)

- Verwenden Sie luftgekühlte anstelle von wassergekühlten Eisbereitern (offener Kreislauf) oder schließen Sie sie an einen ganzjährigen Prozesskühlkreislauf an, falls ein solcher vorhanden ist.
- Spezifizieren Sie ENERGY STAR-Eiswürfelbereiter, die durchschnittlich 15 % weniger Energie und 10 % weniger Wasser verbrauchen.
- Schalten Sie sie nachts und an den Wochenenden aus.

6.2.5.7. WASCH- UND GESCHIRRSPÜLMASCHINEN (9)

- Ziehen Sie das Einweichen dem ständigen Spülen vor, um Wasser zu sparen.
- Lassen Sie den Geschirrspüler nur laufen, wenn er voll beladen ist.
- Neuere Geschirrspüler verbrauchen weniger Wasser als ältere Modelle.
- Verwenden Sie neuere, sauberere Spülmittel.
- Reduzieren Sie die Anzahl der Spülgänge, wann immer dies möglich ist, und verwenden Sie den Mindestdurchfluss (50).

6.2.5.8. PAPIERVERBRAUCH (98-100)

- Kaufen Sie chlorfreies Papier.
- Papier recyceln und wiederverwenden.
- Durch den Kauf von Papier mit Recyclinganteil wird der Wasserverbrauch bei der Papierherstellung um fast 60 % gesenkt.
- Verringerung des Druckaufkommens bei den Mitarbeitern und Ermunterung der Mitarbeiter, nur bei Bedarf zu drucken.
- Verringerung des Papieraufkommens durch eine papierlose Umgebung mit der Einführung und Nutzung elektronischer Verschreibungen und der elektronischen Übermittlung von Ergebnissen.
- Anregung des informatischen Austausches zwischen Labor und Labor für Anfragen und die Übermittlung von Ergebnissen
- Integration von Labordiensten in elektronische Krankenakten und Gesundheitsdatenzentren.

6.2.6. ALTERNATIVE WASSERQUELLEN (89)

Laborgebäude können ihren Gesamtwasservorrat erhöhen, indem sie alternative

Wasserquellen für nicht trinkbares Wasser erhöhen:

- Rückgewinnung von Kondensatwasser, das relativ frei von Mineralien und anderen Feststoffen ist.
- Auffangen von Regenwasser als weitere Quelle für Brauchwasser.
- Wiederaufbereitung von Abwasser für bestimmte Brauchwasseranwendungen, z. B. für die Nachspeisung von Kühltürmen.

7. ALLGEMEINE ANGELEGENHEITEN

7.1. POLITIK, BILDUNG UND INTERESSENVERTRETUNG

- Einführung einer Umweltpolitik, Bereitstellung von Unterlagen und eines Schulungsprogramms für Mitarbeiter zu Umweltfragen und bewährten Verfahren.
- Veröffentlichung von Aktionsplänen, Leitlinien und politischen Dokumenten zu nachhaltigen Praktiken.
- Förderung von Audits zur Bewertung der Fortschritte vor und nach nachhaltigen Maßnahmen.
- Ernennen Sie einen Umweltmanager und gewinnen Sie die Unterstützung der Geschäftsleitung, indem Sie sich für unternehmerische Verantwortung, finanzielle Vorteile und einen besseren Ruf des Labors bei Kunden und in der Gemeinde einsetzen.
- Gehen Sie mit gutem Beispiel voran und geben Sie Ihren Mitarbeitern Feedback.
- Umsetzung von Kontrollmaßnahmen zur Vermeidung oder Minimierung der Freisetzung von Gefahrstoffen in die Arbeitsumgebung und der Anzahl der exponierten Mitarbeiter. Schulung der Mitarbeiter im Umgang mit gefährlichen Chemikalien, sicheren Arbeitspraktiken und der angemessenen Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung (PSA).
- Aufklärung und Vermittlung der Umweltpolitik an die verschiedenen Beteiligten in den verschiedenen Phasen des Analysezyklus (vor der Analyse, vor der Analyse, in der Analyse und nach der Analyse), einschließlich der Tätigkeiten im Krankenhaus und in der Primärversorgung (sofern relevant).
- Befürwortung:

Die Gemeinschaft unterstützt im Allgemeinen Umweltinitiativen. Beziehen Sie Gruppen ein, die mit dem klinischen Labor in Verbindung stehen, z. B. Patienten, Auftragnehmer, Kollegen und die Regierung.

7.2. VERANTWORTUNGSVOLLER UMGANG MIT DEN RESSOURCEN

Die Kosten für Labortests machen etwa 3 % aller klinischen Kosten aus. Eine gängige Strategie zur Senkung der Ausgaben im Gesundheitswesen ist die stichprobenartige Reduzierung der Laborbudgets und unnötiger Tests (101). So kann die Überprüfung der angeforderten Labortests zur Ermittlung von Testredundanzen die Anzahl der verwendeten Reagenzien und gefährlichen Chemikalien verringern. Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) hat eine Liste wesentlicher In-vitro-Diagnostika (IVD) veröffentlicht, in der 35 Testkategorien allgemeiner IVD, die für die Diagnose mehrerer häufiger Krankheiten verwendet werden können, und 27 Testkategorien von IVD für die Behandlung von HIV-Infektionen, Tuberkulose, Malaria, Hepatitis B und C, Syphilis und HPV-Infektionen aufgeführt sind (102).

Die Reduzierung unnötiger Tests scheint einer der wirksamsten Ansätze zu sein, um den ökologischen Fußabdruck der Pathologie zu verringern (47).

Die Einrichtung von Beratungsgruppen zur Aufklärung über die rationelle Nutzung von Labortests in Krankenhäusern und in der Primärversorgung. *Stewardship* zur Überprüfung dringender Tests in der ambulanten Versorgung könnte sinnvoll sein, da Notfallanalysen, die Kuriere auf Abruf erfordern, Auswirkungen auf den CO₂-Fußabdruck haben (48).

Klug testen bedeutet auch, Tests zur Diagnose und Vorbeugung zu empfehlen, wenn eine Unterforderung verdächtig ist und gesundheitliche Folgen haben könnte. Ein Beispiel aus der Primärversorgung in Spanien kann dies veranschaulichen (103).

Die Verwaltung von Laborressourcen bedeutet daher Eingriffe auf beiden Seiten, d. h. sowohl bei der Über- als auch bei der Unterbeanspruchung.

7.3. NACHHALTIGER EINKAUF

Auf das Gesundheitswesen entfällt etwa die Hälfte der staatlichen Ausgaben in der EU, und es gibt mehr als 15 000 Krankenhäuser (104). Daher können klinische Labore eine Rolle bei der Verlagerung von Angebot und Nachfrage nach Chemikalien hin zu umweltfreundlichen Alternativen spielen, indem sie eine umweltfreundliche Beschaffungspolitik verfolgen, die die Auswahl und den Erwerb von Produkten einschließt, die die Umweltauswirkungen über ihren gesamten Lebenszyklus hinweg minimieren: Verwenden Sie, wann immer möglich, wiederverwertbare, recycelte, weniger toxische und lokal produzierte Chemikalien.

Die Europäische Kommission und mehrere europäische Länder haben Leitlinien für ein umweltgerechtes öffentliches Beschaffungswesen entwickelt, die klare und überprüfbare Umweltkriterien für Produkte und Dienstleistungen in den Beschaffungsprozess einbeziehen (105).

8. REFERENCES

1. Sustainable health systems. *Nature Sustainability* 2022 5:8 [Internet]. 2022 Aug 17 [cited 2022 Aug 21];5(8):637–637. Available from: <https://www.nature.com/articles/s41893-022-00951-3>
2. Home - United Nations Sustainable Development [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/>
3. The European Green Deal Investment Plan and JTM explained [Internet]. [cited 2022 Aug 21]. Available from: https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_20_24
4. Pennestri F, Banfi G. Value-based healthcare: The role of laboratory medicine. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2019 Jun 1 [cited 2022 Aug 13];57(6):798–801. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2018-1245/html>
5. Price CP, St John A. The Role of Laboratory Medicine in Value-Based Healthcare. *J Appl Lab Med* [Internet]. 2020 Nov 1 [cited 2022 Aug 13];5(6):1408–10. Available from: <https://academic.oup.com/jalm/article/5/6/1408/5904439>
6. How Much Global Ill Health Is Attributable to Environmental... : *Epidemiology* [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://journals.lww.com/epidem/Abstract/1999/09000/How_Much_Global_Ill_Health_Is_Attributable_to.27.aspx
7. Mü nzel T, Hahad O, Sørensen M, Lelieveld J, Daniel Duerr G, Nieuwenhuijsen M, et al. Environmental risk factors and cardiovascular diseases: a comprehensive expert review. *Cardiovasc Res* [Internet]. 2021 Oct 5 [cited 2022 Aug 13];00:1–23. Available from: <https://academic.oup.com/cardiovasres/advance-article/doi/10.1093/cvr/cvab316/6381568>
8. Coleman CJ, Yeager RA, Riggs DW, Coleman NC, Garcia GR, Bhatnagar A, et al. Greenness, air pollution, and mortality risk: A U.S. cohort study of cancer patients and survivors. *Environ Int.* 2021 Dec 1;157:106797.
9. Lopez JB, Badrick T. Proposals for the mitigation of the environmental impact of clinical laboratories. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2012 Sep 1 [cited 2022 Aug 13];50(9):1559–64. Available from: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/cclm-2011-0932/html>
10. Lopez JB, Jackson D, Gammie A, Badrick T. Reducing the Environmental Impact of Clinical Laboratories. *Clin Biochem Rev* [Internet]. 2017 [cited 2022 Aug 13];38(1):3. Available from: [/pmc/articles/PMC5548370/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/2748370/)

11. The Guardian view on plastics: a treaty could stem the tide | Editorial | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.theguardian.com/commentisfree/2022/mar/08/the-guardian-view-on-plastics-a-treaty-could-stem-the-tide>
12. Ross J, Penesis J, Badrick T. Improving laboratory economic and environmental performance by the implementation of an environmental management system. Accreditation and Quality Assurance [Internet]. 2019 Oct 1 [cited 2022 Aug 13];5(24):319–27. Available from: https://www.infona.pl//resource/bwmeta1.element.springer-doi-10_1007-S00769-019-01388-6
13. Mahase E. New legislation places duty on NHS to tackle climate change. BMJ [Internet]. 2022 Jul 7 [cited 2022 Aug 13];378:o1681. Available from: <https://www.bmj.com/content/378/bmj.o1681>
14. EMAS – Environment - European Commission [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm
15. Health Care Without Harm [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://noharm-uscanada.org/>
16. Marimuthu M, Paulose H. Emergence of Sustainability Based Approaches in Healthcare: Expanding Research and Practice. Procedia Soc Behav Sci. 2016;224:554–61.
17. Health Organization Regional Office for Europe W. Environmentally sustainable health systems: a strategic document [Internet]. 2017. Available from: <http://www.euro.who.int/pubrequest>
18. European Commission. European Green Deal [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 27]. Available from: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:208111e4-414e-4da5-94c1-852f1c74f351.0004.02/DOC_1&format=PDF
19. Hyman M, Turner B, Carpintero A. Guidelines for National Waste Management Strategies: Moving from Challenges to Opportunities. The Inter-Organisation Programme for the Sound Management of Chemicals (IOMC). 2013;112.
20. European Commission. Preparing a Waste Prevention Programme Guidance document. 2012;
21. World Health Organization. Healthcare waste [Internet]. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>; [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>

22. Padmanabhan KK, Barik D. Health Hazards of Medical Waste and its Disposal. Energy from Toxic Organic Waste for Heat and Power Generation. 2019 Aug;99:118.
23. Klangsin P, Harding AK. Medical Waste Treatment and Disposal Methods Used by Hospitals in Oregon. J Air Waste Manage Assoc [Internet]. 1998;48(6):516–26. Available from: <https://www.tandfonline.com/action/journalInformation?journalCode=ua wm20>
24. Amec Foster Wheeler. Study supporting the Fitness Check on the most relevant chemicals legislation (“Fitness Check +”) - Publications Office of the EU [Internet]. 2017. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/07ad8b92-dbca-11e7-a506-01aa75ed71a1/language-en>
25. Publications Office of the EU. Study for the strategy for a non-toxic environment of the 7th Environment Action Programme [Internet]. 2017 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/89fbbb74-969c-11e7-b92d-01aa75ed71a1>
26. tks | publisher, event organiser, media agency | The EU chemical strategy for sustainability towards a toxic-free environment - tks | publisher, event organiser, media agency [Internet]. Available from: https://www.teknoscienze.com/tks_article/the-eu-chemical-strategy-for-sustainability-towards-a-toxic-free-environment/
27. Amec Foster Wheeler. Study on the cumulative health and environmental benefits of chemical legislation - [Internet]. Publications Office of the EU. 2017. Available from: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b43d720c-9db0-11e7-b92d-01aa75ed71a1/language-en>
28. Giovanni C, Marques FLN, Günther WMR. Laboratory chemical waste: hazard classification by GHS and transport risk. Rev Saude Publica [Internet]. 2021;55:102. Available from: [/pmc/articles/PMC8621485/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31589277/)
29. ENVIRONMENTAL HAZARDOUS MATERIALS MANAGEMENT. Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines GENERAL EHS GUIDELINES: [Internet]. 2007; Available from: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/>;
30. Bauchner H, Fontanarosa PB. Waste in the US Health Care System. JAMA [Internet]. 2019;322(15):1463–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31589277/>
31. Kaplan S, Sadler B, Little K, Franz C, Orris P. Can sustainable hospitals help bend the health care cost curve? Issue Brief (Commonw Fund) [Internet]. 2012;29:1–14. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23214181>

32. EU Commission. The European Parliament the Council and the European Economic and Social Committee. Commission General Report on the operation of REACH and review of certain elements - Conclusions and Actions. . 2018;
33. Molero A, Calabrò M, Vignes M, Gouget B, Gruson D. Sustainability in Healthcare: Perspectives and Reflections Regarding Laboratory Medicine. *Ann Lab Med* [Internet]. 2021 Mar 3 [cited 2022 Aug 27];41(2):139. Available from: [/pmc/articles/PMC7591295/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22962217/)
34. Lopez JB, Badrick T. Proposals for the mitigation of the environmental impact of clinical laboratories. *Clin Chem Lab Med* [Internet]. 2012 Sep 1 [cited 2022 Aug 27];50(9):1559–64. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22962217/>
35. Anastas PT, Warner JC. Green chemistry: theory and practice | WorldCat.org [Internet]. 1998 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://www.worldcat.org/title/green-chemistry-theory-and-practice/oclc/39523207>
36. United Nations. GHS Rev.9 | UNECE [Internet]. 2020 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://unece.org/transport/documents/2021/09/standards/ghs-rev9>
37. European Parliament. DIRECTIVE 2008/98/EC OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 19 November 2008 on waste and repealing certain Directives (Text with EEA relevance). 2008;
38. Lewis B, Olivier Chamel, Mahsan Mohsenin, Enn Ots, Edward T. White. *Sustainaspeak: a guide to sustainable design terms*. 2018;
39. Commission to the Council. Communication from the Commission to the Council - The combination effects of chemicals. Chemical mixtures. 2012 [cited 2022 Aug 27];2012. Available from: <http://ec.europa.eu/environment/chemicals/effects.htm>
40. EP and EC. Regulation (EC) No 1272/2008 - classification, labelling and packaging of substances and mixtures (CLP) | Safety and health at work EU-OSHA [Internet]. 2008 [cited 2022 Aug 27]. Available from: <https://osha.europa.eu/en/legislation/directives/regulation-ec-no-1272-2008-classification-labelling-and-packaging-of-substances-and-mixtures>
41. Fortunati GU, Belli G, Schmitt-Tegge J. The European Waste Catalogue. Technologies for Environmental Cleanup: Toxic and Hazardous Waste Management [Internet]. 1994 [cited 2022 Aug 27];191–215. Available from: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-94-017-3213-0_10
42. EUROPEAN PARLIAMENT AND THE COUNCIL. DIRECTIVE 2011/65/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 8 June 2011 on the restriction of the use of certain

- hazardous substances in electrical and electronic equipment (recast) (Text with EEA relevance). 2011;
43. European Commission. Brussels Requirements for facilities and acceptance criteria for the disposal of metallic mercury. 2010;
 44. European Commission. Indicators for Sustainable Cities Environment Science for Environment Policy. 2015 [cited 2022 Aug 27]; Available from: www.urbandchinainitiative.typepad.com/files/usi.pdf
 45. Verna R, Velazquez AB, Laposata M. Reducing Diagnostic Errors Worldwide Through Diagnostic Management Teams. *Ann Lab Med* [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 27];39(2):121–4. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30430773/>
 46. World Health Organization. First WHO Model List of Essential In Vitro Diagnostics (WHO Technical Report Series, No. 1017). 2018;1–66.
 47. McAlister S, Barratt AL, Bell KJL, McGain F. The carbon footprint of pathology testing. *Medical Journal of Australia* [Internet]. 2020 May 1 [cited 2022 Aug 13];212(8):377–82. Available from: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.5694/mja2.50583>
 48. Nicolet J, Mueller Y, Paruta P, Boucher J, Senn N. What is the carbon footprint of primary care practices? A retrospective life-cycle analysis in Switzerland. *Environ Health* [Internet]. 2022 Dec 1 [cited 2022 Aug 13];21(1):1–10. Available from: <https://ehjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12940-021-00814-y>
 49. Molero A, Calabrò M, Vignes M, Gouget B, Gruson D. Sustainability in Healthcare: Perspectives and Reflections Regarding Laboratory Medicine. *Ann Lab Med* [Internet]. 2021 Mar 1 [cited 2022 Aug 13];41(2):139–44. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33063675/>
 50. Ni K, Hu Y, Ye X, AlZubi HS, Goddard P, Alkahtani M. Carbon Footprint Modeling of a Clinical Lab. *Energies* 2018, Vol 11, Page 3105 [Internet]. 2018 Nov 9 [cited 2022 Aug 13];11(11):3105. Available from: <https://www.mdpi.com/1996-1073/11/11/3105/htm>
 51. LEED rating system | U.S. Green Building Council [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.usgbc.org/leed>
 52. Green Labs | Sustainability at Harvard [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://green.harvard.edu/programs/green-labs>
 53. Trinity Green Labs Guide. Trinity College Dublin Sustainability Guide for Researchers.

54. 10,000 Actions (The University of Manchester) [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.socialresponsibility.manchester.ac.uk/signature-programmes/10000-actions/>
55. My Green Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.mygreenlab.org/>
56. UV Lights in Biosafety Cabinets | Office of Environmental Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://ehs.princeton.edu/laboratory-research/biological-safety/biological-safety-cabinets/uv-lights-biosafety-cabinets>
57. Creating sustainable clinical laboratories of the future [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.santosh.ac.in/blog/creating-sustainable-clinical-laboratories-of-the-future>
58. My Green Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://www.mygreenlab.org/>
59. Do Emails Leave a Carbon Footprint? [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.greenmatters.com/p/do-emails-leave-carbon-footprint>
60. Email's Carbon Footprint - IT Services - Trinity College Dublin [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.tcd.ie/itservices/news/emails-carbon-footprint/>
61. Green Labs Guide.
62. UV Degradation Effects in Materials – An Elementary Overview » UV Solutions [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://uvsolutionsmag.com/articles/2019/uv-degradation-effects-in-materials-an-elementary-overview/>
63. Biosafety Cabinet UV Light Pitfalls | Baker [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://bakerco.com/communication/latest/biosafety-cabinet-uv-light-pitfalls/>
64. Business Waste Management – Commercial Waste Collection [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.businesswaste.co.uk/>
65. Snouffer E. Six places where drones are delivering medicines. *Nat Med.* 2022 May 1;28(5):874–5.
66. Health-care waste [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste>
67. Safe management of wastes from health-care activities / edited by A. Prüss, E. Giroult, P. Rushbrook [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://apps.who.int/iris/handle/10665/42175>

68. Endris S, Tamir Z, Sisay A. Medical laboratory waste generation rate, management practices and associated factors in Addis Ababa, Ethiopia. PLoS One [Internet]. 2022 Apr 1 [cited 2022 Aug 13];17(4):e0266888. Available from: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0266888>
69. Plastic waste and recycling in the EU: facts and figures | News | European Parliament [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: <https://www.europarl.europa.eu/news/en/headlines/society/20181212STO21610/plastic-waste-and-recycling-in-the-eu-facts-and-figures>
70. Plastic pollution facts and information [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/plastic-pollution>
71. Microplastics from European rivers spreading to Arctic seas, research shows | Plastics | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://www.theguardian.com/environment/2022/mar/16/microplastics-from-european-rivers-spreading-to-arctic-seas-research-shows?CMP=Share_AndroidApp_Other&fbclid=IwAR0Q8CPtye2Xeh9G7Z1CL7OLvAbv-SOs_D9kCgv9J9GR2eHJefHVb036RSY
72. Can laboratories curb their addiction to plastic? | Plastics | The Guardian [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.theguardian.com/environment/2019/nov/10/research-labs-plastic-waste>
73. 10 ways to reduce your throwaway plastics | Sustainable UCL - UCL – University College London [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.ucl.ac.uk/sustainable/10-ways-reduce-your-throwaway-plastics>
74. Reducing single-use laboratory plastics Background and description. [cited 2022 Aug 15]; Available from: <https://thebiologist.rsb.org.uk/biologist/158-biologist/features/2072->
75. How to... reduce your lab's plastic waste [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://thebiologist.rsb.org.uk/biologist-features/how-to-reduce-your-lab-s-plastic-waste>
76. Clinical Labs: Making the Switch to Green | AACC.org [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.aacc.org/cln/articles/2019/march/clinical-labs-making-the-switch-to-green>

77. About | Plastics Recyclers Europe [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.plasticsrecyclers.eu/about>
78. Polycarbin [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://polycarbin.com/>
79. 17 Shocking E-Waste Statistics In 2022 - The Roundup [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: https://theroundup.org/global-e-waste-statistics/?gclid=CjwKCAjw7SWBhAnEiwAx8ZLapmMQQIVUbYqFyh3YMjoEZi8XqcAKwTqIOyGEPpN6HMI8G8BXxVYdxoCcXIQAvD_BwE
80. Ten ways to reduce E-waste in product development – Cambridge Design Partnership [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.cambridge-design.com/blog/ten-ways-to-reduce-e-waste-in-product-development/>
81. Regulated Waste Management | Environmental Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 16]. Available from: <https://ehs.uconn.edu/regulated-waste-management/>
82. Biological Waste Disposal Policy - Environment, Health and Safety [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://ehs.unc.edu/biological/policy/>
83. The Global Risks Report 2022 17th Edition. 2022;
84. Refworld | Transforming our world : the 2030 Agenda for Sustainable Development [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html>
85. Sustainable Laboratory Design | WBDG - Whole Building Design Guide [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.wbdg.org/resources/sustainable-laboratory-design>
86. Tanner S. Water Efficiency Guide for Laboratories; Laboratories for the 21st Century: Best Practices (Brochure). [cited 2022 Aug 15]; Available from: www.gc3.com/srvccntr/cycles.htm.
87. Tate S. NEW MEXICO OFFICE OF THE A WATER CONSERVATION •GUIDE FOR• 1-8 0 0-WAT E R-N M. 2001;
88. Environment and sustainability Health Technical Memorandum 07-04: Water management and water efficiency-best practice advice for the healthcare sector. 2013 [cited 2022 Aug 15]; Available from: <http://www.nationalarchives.gov.uk/doc/open-government-licence/>
89. Tanner S. Water Efficiency Guide for Laboratories; Laboratories for the 21st Century: Best Practices (Brochure). [cited 2022 Aug 15]; Available from: www.gc3.com/srvccntr/cycles.htm.
90. Sustainability at NC State University [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.ncsu.edu/>

91. 5 Tips for Reducing Water Usage in Your Lab - Total Water [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.total-water.com/blog/5-tips-reducing-water-usage-lab/>
92. Reducing water use at healthcare facilities [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.health.vic.gov.au/planning-infrastructure/reducing-water-use-at-healthcare-facilities>
93. S-Lab Environmental Good Practice Guide for Laboratories-A Reference Document for the S-Lab Laboratory Environmental Assessment Framework ©S-Lab Developed by the S-Lab (Safe, Successful and Sustainable Laboratories) initiative of HEEPI (Higher Education for Environmental Performance Improvement) See www.goodcampus.org Inspired by the pioneering work of the LabRATS (Laboratory Research and Technical Staff) programme at the Lab-CURE: Chemicals, Utilities, Resources and Environment in Laboratories. 2011 [cited 2022 Aug 15]; Available from: www.goodcampus.org.
94. UC Irvine Sustainability - UCI Sustainability Resource Center [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.uci.edu/>
95. Water Conservation - Green Labs - UCI Sustainability Resource Center [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.uci.edu/water-conservation-green-labs/>
96. Green Labs | Penn Sustainability [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://sustainability.upenn.edu/resources/guides-manuals/green-labs>
97. Pure Water Facilitates Fast and Accurate Results from Clinical Analyzers | Today's Clinical Lab [Internet]. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.clinicallab.com/pure-water-facilitates-fast-and-accurate-results-from-clinical-analyzers-26440>
98. Klangsing P, Harding AK. Medical waste treatment and disposal methods used by hospitals in Oregon, Washington, and Idaho. J Air Waste Manage Assoc. 1998 Jun 1;48(6):516–26.
99. Fennelly O, Cunningham C, Grogan L, Cronin H, O'Shea C, Roche M, et al. Successfully implementing a national electronic health record: a rapid umbrella review. Int J Med Inform. 2020 Dec 1;144:104281.
100. Resolving the Ammonia Paradox | AACC.org [Internet]. [cited 2022 Aug 21]. Available from: <https://www.aacc.org/cln/articles/2022/julyaugust/resolving-the-ammonia-paradox>
101. Verna R, Velazquez AB, Laposata M. Reducing Diagnostic Errors Worldwide Through Diagnostic Management Teams. Ann Lab Med

- [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 13];39(2):121. Available from: [/pmc/articles/PMC6240519/](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/39(2):121/)
102. World Health Organization. First WHO Model List of Essential In Vitro Diagnostics (WHO Technical Report Series, No. 1017). 2018;1–66.
 103. Salinas M, López-Garrigós M, Uris J, Leiva-Salinas C, Pérez-Martínez A, Miralles A, et al. A study of the differences in the request of glycated hemoglobin in primary care in Spain: A global, significant, and potentially dangerous under-request. *Clin Biochem*. 2014 Aug 1;47(12):1104–7.
 104. Indicators for Sustainable Cities Environment Science for Environment Policy. 2015 [cited 2022 Aug 13]; Available from: www.urbanchinainitiative.typepad.com/files/usi.pdf
 105. Green Public Procurement - Environment - European Commission [Internet]. [cited 2022 Aug 13]. Available from: https://ec.europa.eu/environment/gpp/index_en.htm