

**Zuger Kiesabbau- und Deponiebetriebe /
Amt für Umweltschutz / Amt für Raumplanung**

**ENTSORGUNG VON
NICHT STANDFESTEM AUSHUBMATERIAL
(Seekreide und vernässter Aushub)**

**Alternativen zur Ausscheidung
von neuen Deponien im Kanton Zug**

SCHLUSSBERICHT

(0830 / 9. September 2009)

INGENIEURBÜRO BEAT SÄGESSER • UMWELTPLANUNG UND LÄRMSCHUTZ

Inhaltsverzeichnis	Seite
Zusammenfassung	2
1. Allgemeines.....	4
1.1. Ausgangslage und Auftrag	4
1.2. Organisation	4
2. Grundlagen und Randbedingungen.....	5
2.1. Definition und Problematik.....	5
2.2. Jährlicher Anfall von NSF	5
2.3. Kapazität für NSF in Zuger Deponien.....	6
2.4. Kapazität für NSF in Zuger Kiesgruben (angepasster Betriebsablauf)	6
2.5. Kapazität für NSF in Nachbarkantonen	8
2.6. Deponiegebühren (Kanton Zug und Nachbarkantone)	9
2.7. Aushubvolumen und Deponiegebühren typischer Bauvorhaben.....	9
3. Variantendefinition und Vorgehen zur Beurteilung.....	11
3.1. Untersuchte Varianten	11
3.2. Vergleichsbasis.....	11
3.3. Vergleichskriterien	11
3.4. LW-Transport: Grössere Distanzen	12
3.5. Bahn-Transporte und zugehöriger Materialumschlag.....	13
3.6. Grundstückskosten (Landerwerb/Baurecht)	14
3.7. Kapitalkosten von Aufbereitungsanlagen	14
3.8. Kapazität von Aufbereitungsanlagen	14
4. Darstellung und Beurteilung der Varianten.....	15
4.1. Lastwagen-Transport in ausserkantonale Kiesgrube/Deponie	15
4.2. Bahn-Transport nach Zell (LU)	16
4.3. Zwischenlagerung.....	17
4.4. Verfestigung mit Filterstaub aus der Papierfabrik Perlen.....	18
4.5. Einsatz von Filterpressen (Maschinelle Trocknung)	19
4.6. Thermische Trocknung	21
4.7. Stabilisation mit Kalk oder Gips	22
4.8. Seeschüttung.....	22
4.9. Planungsrechtliche Alternativen (weniger Bauten im Untergrund)	23
5. Variantenvergleich und Gesamtbeurteilung	24
5.1. Übersicht	24
5.2. Beurteilung.....	25
5.3. Weiteres Vorgehen	26
5.4. Genauigkeit von Zahlenangaben.....	26
6. Literaturverzeichnis.....	27
7. Beilagenverzeichnis	27

Zusammenfassung

Allgemeines

In der kantonalen Abfallplanung ist festgehalten, dass die Anlagenbetreiber und Bauunternehmer mit Unterstützung des Amtes für Umweltschutz nach Entsorgungsmöglichkeiten für nicht standfesten Aushub suchen.

Im vorliegenden Bericht werden mögliche Alternativen untersucht sowie deren Kosten und Umweltauswirkungen im Vergleich zu einer Deponierung im Kanton Zug beurteilt. Das Variantenstudium umfasst den Transport in Nachbarkantone per Lastwagen oder Bahn, die Zwischenlagerung, verschiedene Anlagen zur Aufbereitung (Verfestigung, Trocknung, Stabilisierung), eine Seeschüttung und planerische Massnahmen. Die Planung wurde durch eine fachlich ausgerichtete Arbeitsgruppe begleitet.

Randbedingungen

Pro Jahr fallen im Kanton Zug rund 150'000 m³/a nicht oder nur teilweise standfester Aushub an. Die vorliegende Planung beschränkt sich auf den wirklich kritischen Anteil im Umfang von rund 50'000 m³/a, welcher nicht durch Mischen mit standfestem Material verarbeitet werden kann. Typisch und problematisch ist, dass der Materialanfall über mehrere Tage bei 1'000 bis 1'500 m³/d liegen kann. Dazwischen sind mehrwöchige Phasen möglich, in denen praktisch kein Material entsorgt werden muss.

Angepasster Betriebsablauf in Zuger Kiesgruben

Dank der bereits bewilligten Anpassung in der Kiesgrube Bethlehem, Edlibach ist die Problematik von nicht standfestem Aushub im Kanton Zug für den kurz- und mittelfristigen Horizont erheblich entschärft. Die verbleibende "Deponielücke" beträgt bis 2015 lediglich rund 25'000 m³/a statt rund 50'000 m³/a. Mit den zukünftig absehbaren Anpassungen im Raum Cham-Oberwil wird das Problem auch langfristig voraussichtlich vollumfänglich gelöst, das Deponievolumen ist ab etwa 2015 vergleichbar mit dem Materialanfall.

Deponien

Eine zusätzliche Entlastungswirkung ergibt sich durch die bewilligte Deponie Langfeld in Rotkreuz und allfällig durch die beiden geplanten Deponien Stockeri in Meierskappel und Rüti in Cham. Sofern die geplante Deponie Stockeri realisiert werden kann, steht über mehrere Jahre ein NSF-Volumen von rund 10'000 m³/a zur Verfügung.

Ökonomische Konsequenzen

Anlagen zur Aufbereitung müssen eine Kapazität von rund 600 m³/d aufweisen, um in kritischen Phasen einen namhaften Beitrag zur Entsorgung zu erbringen. Dies entspricht einer theoretischen Jahreskapazität von rund 120'000 m³/a, was bei einem jährlichen Umschlag von rund 25'000 m³/a einer Auslastung von lediglich rund 20 % entspricht. Insgesamt müssen damit relativ grosse Anlagen konzipiert werden, welche nur in Spitzenzeiten ausgelastet sind und einen grossen Teil des Jahres leer stehen.

Zudem wird der Umsatz von Aufbereitungsanlagen ab etwa 2015 einbrechen, da ab diesem Zeitpunkt voraussichtlich ausreichend Deponievolumen für unbehandelten, nicht standfesten Aushub vorhanden sein wird. Die verbleibende Betriebszeit bis 2015 ist zur Amortisation der Anlagen sehr kurz. Zusammenfassend ist die ökonomische Tragbarkeit von Varianten mit bedeutenden Investitionen stark erschwert.

Variantenvergleich und Beurteilung

Wie die folgende Übersicht zeigt, kann bei einer gesamtheitlichen Beurteilung nur die Variante 1, der LW-Transport in den Kanton Luzern als realisierbar bezeichnet werden. Bei allen anderen Varianten stehen ungelöste technische Probleme, nicht amortisierbare Investitionen, erhebliche Umweltauswirkungen oder gesetzliche Vorschriften entgegen:

Variante	technische Machbarkeit	Flächenbedarf (m ²)	Kostendifferenz (Fr./m ³)	Elektr. Energie (MJ/m ³)	CO ₂ -Emissionen (kg/m ³)	Investitionen 1)	Weitere Aspekte
1. LW-Transport Kanton Luzern	machbar	0	26 - 33	0	4.2 - 8.7	keine	geringe Entlastung für Zuger Landschaft
2. Bahn-Transport Zell (LU)	nicht gesichert	3'000 - 4'000	40 - 60	27	1.3	mittel - gross	geringe Entlastung für Zuger Landschaft
3. Zwischenlagerung	machbar	4'000 - 6'000	10 - 20	0	2.5	klein - mittel	keine Lösung für wirklich kritisches Material
4. Verfestigung mit Filterstaub	noch nicht bekannt	3'000 - 4'000	25 - 50	0	ca. 2 - 4	klein - mittel	Widerspruch zur TVA
5. Trocknung mit Filterpressen	nicht gesichert	3'000 - 4'000	25 - 40	17 - 26	1.5	sehr gross	
6. Thermische Trocknung	nicht erfasst	3'000 - 4'000	> 50	800 - 1'200 2)	60 - 90 2)	nicht erfasst	energetisch unsinnig
7. Stabilisation mit Kalk / Gips	machbar	0	60 - 70	0	nicht erfasst	keine	Widerspruch zur TVA
8. Seeschüttung	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	verstösst gegen Gewässerschutzgesetz
9. Planerische Massnahmen	machbar	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	keine	raumplanerisch und sozial unzumutbar

1) Grössere Investitionen sind ökonomisch kritisch, da nur eine kurze Betriebszeit zu erwarten ist (ab 2015 voraussichtlich stark sinkende Nachfrage), was die Amortisation erschwert.

2) Elektrischer Energiebedarf und CO₂-Emissionen entstehen alternativ (entweder / oder).

Legende:

Realisierbar
Nicht realisierbar

keine Probleme / geringe Auswirkungen
offene Probleme / mittlere Auswirkungen
unlösbare Probleme / sehr grosse Auswirkungen

Weiteres Vorgehen

Wie erwähnt, trägt die bereits bewilligte Anpassung in der Kiesgrube Bethlehem, Edlibach wesentlich zur Lösung der NSF-Problematik bei. Für die weitere Entwicklung ist die anstehende Anpassung der Betriebsabläufe in den Kiesgruben im Raum Cham-Oberwil von zentraler Bedeutung. Falls dieses Vorhaben wie geplant realisiert werden kann, sind zur Deponierung von nicht standfestem Aushub im Kanton Zug auf mehrere Jahre hinaus keine planerischen Schritte erforderlich.

1. Allgemeines

1.1. Ausgangslage und Auftrag

Die im Jahr 2007 beschlossene Abfallplanung des Kantons Zug [1] kam u.a. zum Schluss, dass beim nicht standfesten Aushub mit fehlenden Ablagerungskapazitäten zu rechnen ist. Als Massnahme wurde festgehalten, dass die Anlagenbetreiber und Bauunternehmer mit Unterstützung des Amtes für Umweltschutz nach Entsorgungsmöglichkeiten für nicht standfesten Aushub suchen, bevor neue Deponien geplant und realisiert werden.

Der Planungsauftrag bestand darin, alternative Entsorgungsmöglichkeiten für nicht standfesten Aushub aufzuzeigen und deren Machbarkeit abklären. Anschliessend waren die möglichen Volumina (Kapazität) sowie die Kosten und die Umweltauswirkungen jeder Alternative darzustellen und im Vergleich mit der Deponierung im Kanton Zug zu bewerten.

1.2. Organisation

Die Planung wurde durch eine fachlich ausgerichtete Arbeitsgruppe begleitet, welche sich wie folgt zusammensetzte:

Kanton Zug	Rainer Kistler, Leiter Amt für Umweltschutz, Zug Bernhard Weber, Amt für Umweltschutz, Zug Reto Spiess, Amt für Raumplanung, Zug
Tiefbauer / Strassenbauer	Philipp Weibel, Büwe AG; Hünenberg
Baumeister	Marcel Schoch, Hodel AG, Zug
Kiesfirmen	Theo Desax, KIBAG, Edlibach Guido Mettenleiter, Sand AG, Neuheim Adrian Risi, Risi AG, Baar
Planer	Beat Sägesser, Ingenieurbüro, Zug

Alle Mitglieder der Arbeitsgruppe sind aufgrund ihrer beruflichen Tätigkeit sehr gut mit der Problematik von nicht standfestem Aushub vertraut. Einerseits konnten sie wertvolle Grundlagedaten und Hinweise zu den untersuchten Alternativen liefern. Andererseits wurden in der Arbeitsgruppe anlässlich von zwei Sitzungen im Mai und August 2009 die erarbeiteten Zwischenergebnisse diskutiert und ergänzt. Auch der vorliegende Schlussbericht wurde durch die Arbeitsgruppe verifiziert.

2. Grundlagen und Randbedingungen

2.1. Definition und Problematik

Seekreide ist ein mehrheitlich toniges Sedimentmaterial mit einem hohen Wassergehalt von 50 bis 70 % und einem spezifischen Gewicht von etwa 1.5 bis 1.7 t/m³. Bedingt durch den hohen Wassergehalt hat Seekreide eine sehr geringe Standfestigkeit. Zudem ist Seekreide thixotrop, d.h. sie verliert bei Erschütterungen an Festigkeit und verhält sich dann teilweise wie eine Flüssigkeit. Aufgrund dieser Eigenschaften kann Seekreide bei der Deponierung nur in Mulden oder Gruben eingebracht werden. Der Setzungs- und Entwässerungsprozesses kann einige Monate bis wenige Jahre dauern, was eine Überschüttung erst nach längerer Zeit ermöglicht.

Die Eigenschaften der Seekreide sind von der früheren Situation bei der Sedimentation abhängig. Weil diese Parameter in der Region Zug auf relativ kleinem Raum sehr unterschiedlich waren, können auch die geotechnischen Eigenschaften von Seekreide regional und sogar lokal erheblich variieren.

Vernässter Aushub ist Material, welches im trockenen Zustand standfest ist, aber wegen der Vernässung ähnliche Eigenschaften aufweist wie Seekreide und analog zu entsorgen ist. Ein Teil des vernässten Aushubs fällt witterungsabhängig an (längere Regenperioden und/oder hoher Grundwasserspiegel). Mit dem Zuwarten auf günstigere Verhältnisse könnte dieser Anteil teilweise reduziert werden. Allerdings lässt der grosse Termindruck bei der Realisierung von Bauvorhaben in der Region Zug eine zeitliche Verschiebung der Aushubarbeiten in den meisten Fällen nicht zu.

Der nicht standfeste Aushub im weiteren Sinne umfasst die Seekreide und den vernässten Aushub. Ein Teil dieses Materials kann aufgrund seiner etwas günstigeren Eigenschaften durch einfaches Mischen mit standfestem Aushub verarbeitet und in allen Kiesgruben und bewilligten Deponien abgelagert werden. Für den übrigen, wirklich kritischen Teil – das nicht standfeste Material im engeren Sinne – wird im vorliegenden Bericht die Abkürzung NSF (**N**icht **S**tand**F**estes Material) verwendet.

In der Praxis wird nicht standfestes Material je nach Korngrößenverteilung und Wassergehalt mit "stichfest", "vernässt", "zähflüssig", "schlammig" oder "fliessend" beschrieben. Eine einheitliche Definition für diese Begriffe existiert nicht.

2.2. Jährlicher Anfall von NSF

Die Prognosen des kantonalen Amtes für Umweltschutz zum Anfall von nicht standfestem Aushub und die Erwartungen der Kieswirtschaft lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Im Kanton Zug fallen rund 150'000 m³/a nicht oder nur teilweise standfester Aushub an (Gesamtvolumen).
- Von diesem Volumen sind gemäss vorstehender Definition rund 50'000 m³/a als NSF zu beurteilen.
- Die übrigen rund 100'000 m³/a können durch Mischen verarbeitet werden.

Sowohl das Gesamtvolumen als auch der Anteil NSF variieren von Jahr zu Jahr in erheblichem Umfang. Die ausgewiesenen Werte sind als Durchschnittswerte (Prognose) für den Zeitraum 2010 bis 2020 zu verstehen. Die vorliegende Planung beschränkt sich auf den NSF-Anteil und geht von einem jährlichen Volumen von rund 50'000 m³ NSF aus.

Speziell zu erwähnen ist, dass das NSF innerhalb eines Jahres nicht gleichmässig anfällt. Bei ungünstigen Kombinationen von Grossbaustellen können über mehrere Tage Maxima von 1'000 bis 1'500 m³/d NSF entstehen. Dazwischen sind mehrwöchige Phasen möglich, in den praktisch kein NSF entsorgt werden muss.

2.3. Kapazität für NSF in Zuger Deponien

In der Deponie Langfeld, Rotkreuz ist aus topografischen Gründen (Hügelform) kein Einbau von NSF in grösseren Mengen möglich. Allfällig denkbar ist bei günstigen Verhältnissen ein NSF-Einbau in der Grössenordnung von max. 5'000 m³/a.

Das Deponieprojekt Stockeri, Meierskappel ist durch Einsprachen blockiert. Bei einer Realisierung kann voraussichtlich über mehrere Jahre NSF in der Grössenordnung von 10'000 m³/a deponiert werden.

Für den Standort Rüti, Cham liegt noch kein detailliertes Projekt vor. Das Vorhaben ist zudem planerisch noch nicht gesichert. Je nach definitiver Grösse wäre auch hier während einiger Jahre der Einbau von etwa 5'000 m³/a NSF möglich.

Zusammenfassend können die beschriebenen Deponien aktuell nicht substantiell zur Lösung der NSF-Problematik beitragen. Sofern die Deponie Stockeri rechtskräftig bewilligt wird, ist innert einiger Monate nach Beginn (Vorbereitungsarbeiten) eine spürbare Entlastung im Bereich NSF-Entsorgung zu erwarten.

2.4. Kapazität für NSF in Zuger Kiesgruben (angepasster Betriebsablauf)

In den Zuger Kiesgruben war in den letzten Jahren aus betrieblichen Gründen keine Deponierung von NSF in grösserem Umfang möglich. Dies war ein wesentlicher Grund dafür, dass die Entsorgung von Seekreide im Kanton Zug schon seit mehreren Jahren Probleme verursacht hat.

Aufgrund der Ergebnisse der Abfallplanung 2007 haben die Zuger Kiesfirmen daher bereits vor Beginn der vorliegenden Studie versucht, die Betriebsabläufe beim Abbau anzupassen, um in den Kiesgruben geeignete Standorte für die Deponierung von NSF zu schaffen. Der aktuelle Stand dieser Planungen lässt sich wie folgt zusammenfassen:

2.4.1. Kiesgrube Bethlehem, Edlibach (KIBAG)

In der Kiesgrube der KIBAG wird der Damm für den Schlammweiher gegenüber dem bisherigen Projekt um 7 m erhöht. Das neue Projekt ist durch die Baudirektion bewilligt (Juni 2009). Gemäss Angabe der KIBAG kann damit ab Sommer 2009 bis Ende 2014 NSF im Umfang von mindestens 25'000 m³/a angenommen und eingebaut werden.

Auf Anfang 2015 wird in Edlibach ein totales Deponievolumen für NSF von 250'000 bis 300'000 m³ geschaffen. Bereits ab dem ersten Jahr werden mindestens 50'000 m³/a zur Verfügung stehen. Theoretisch wäre es damit ab diesem Zeitpunkt möglich, den gesamten NSF-Anfall der Zuger Bauwirtschaft (50'000 m³/a, vgl. Kap. 2.2) in Edlibach zu deponieren. Die effektive, jährliche Einbaurate ist noch nicht festgelegt. Sie wird sich nach dem effektiven Anfall und den Deponiekapazitäten der übrigen Zuger Kiesfirmen richten. Für die vorliegende Untersuchung wird modellmässig mit einer Einbaurate von 25'000 bis 30'000 m³/a und damit einer Auffülldauer von rund 10 Jahren gerechnet (bis 2025).

2.4.2. Kiesgruben Hübscherhof - Äbnetwald, Cham-Oberwil (Risi AG)

Das Abbaugelände Hübscherhof wurde – als Arrondierung des Abbaus Hof – im Jahr 2008 im Richtplan eingetragen. Die Risi AG hat die Absicht, dieses Gebiet rasch anzugehen und den Abbau bis ca. 2015 abzuschliessen. Dadurch wird ein offenes Volumen von rund 400'000 bis 500'000 m³ geschaffen. Davon können voraussichtlich rund 200'000 m³ für die Deponierung von NSF verwendet werden. Unter Annahme einer Auffülldauer von 5 bis 6 Jahren ergibt sich ab 2015 eine jährliche Kapazität für 30'000 bis 35'000 m³/a NSF. Das detaillierte Abbau- und Rekultivierungsprojekt ist zurzeit in Bearbeitung.

Für das Gebiet Äbnetwald liegt eine Anpassung des Betriebsablaufs (Etappierung) konzeptionell vor. Das Amt für Raumplanung hat im August 2009 die Vernehmlassung abgeschlossen. Der Tenor der Stellungnahmen ist zwar positiv, ein Interessenkonflikt hinsichtlich Sichtschutzpflanzungen ist aber noch zu bereinigen (Verhandlungen). Anschliessend wird die detaillierte Projektänderung bearbeitet und zur Bewilligung eingereicht. Mit der Anpassung kann innert 5 bis 6 Jahren und für einen langfristigen Zeitraum (mindestens 15 Jahre) ein jährliches Deponievolumen für 30'000 bis 35'000 m³/a NSF geschaffen werden. Ohne den Abbau Hübscherhof wird dieses Volumen bereits ab ca. 2015 jährlich zur Verfügung stehen.

Falls das Projekt Hübscherhof wie beschrieben realisiert werden kann, wird der Abbau im Gebiet Äbnetwald zwischen 2010 und 2015 entsprechend reduziert. Damit verzögert sich auch die Schaffung des Deponievolumens für NSF um rund 5 Jahre. Das jährliche Deponievolumen für 30'000 bis 35'000 m³/a NSF wird in diesem Fall ab 2020 – wenn die Kapazitäten im Gebiet Hübscherhof ausgeschöpft sind – in der Kiesgrube Äbnetwald verfügbar sein.

Zusammenfassend kann im Raum Cham-Oberwil für den Zeitraum von 2015 bis mindestens 2030 mit hoher Wahrscheinlichkeit mit einem jährlichen Deponievolumen für 30'000 bis 35'000 m³/a NSF gerechnet werden.

2.4.3. Kiesgrube Neuheim, Sand AG

Auch die Sand AG hat ein Interesse daran, Deponievolumen für NSF anzubieten. Kurzfristig fehlt dazu der Platz. Ein Konzept für die mittel- bis langfristige Annahme von NSF ist vorhanden; die Machbarkeit ist aber von der effektiven Abbautiefe und damit davon abhängig, ob der prognostizierte, obere Grundwasserspiegel im südlichen Teil des Abbaugeländes vorhanden ist oder nicht. Diese Frage kann erst beantwortet werden, wenn der Abbau im fraglichen Bereich erfolgt ist. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sind keine detaillierten Angaben zu zukünftigen Deponievolumen für NSF, zu jährlichen Einbauten oder zu Zeithorizonten möglich.

2.4.4. Einfluss auf die Umwelt

Die Anpassungen des Betriebsablaufes sind bei beiden Standorten mit konkreten Projekten ohne zusätzlichen Materialumschlag möglich. Das für Dammschüttungen verwendete Material würde ohnehin – einfach in anderen Teilen der Deponie – eingebaut. Die Anpassungen erfordern damit keine zusätzlichen Maschinenstunden. Auch die Transportdistanzen werden durch die Anpassungen nicht massgebend verändert. Somit ist insgesamt keine zusätzlichen Schadstoffbelastung (CO₂) zu erwarten und der Energiebedarf bleibt im Vergleich zum bewilligten Projekt unverändert.

Auch bezüglich Flächenbedarf und Rekultivierung sind die geplanten betrieblichen Anpassungen neutral. Die jeweils offene Abbaufäche wird nicht massgebend verändert und die geplante Qualität der Rekultivierung kann ohne Einbusse eingehalten werden. Damit sind auch aus landschaftspflegerischer und bodenkundlicher Sicht keine relevanten negativen Auswirkungen der betrieblichen Anpassungen absehbar.

2.4.5. Zwischenergebnis Kiesgruben

In den Zuger Kiesgruben können ab sofort und bis 2015 mindestens 25'000 m³/a NSF deponiert werden. Ab ca. 2015 ist mit grosser Wahrscheinlichkeit und für mindestens 10 Jahre ein Deponievolumen für 50'000 bis 60'000 m³/a NSF vorhanden.

Damit kann der Materialanfall von 50'000 m³/a NSF (vgl. Kap. 2.2) langfristig in den bestehenden Kiesgruben im Kanton Zug deponiert werden (Bethlehem und Äbnetwald / Hübscherhof). Es verbleibt lediglich eine "Deponielücke" von rund 25'000 m³/a NSF für den kurz- bis mittelfristigen Zeitraum von 2009 bis 2015.

2.4.6. Einfluss auf andere alternative Entsorgungsmöglichkeiten

Im Variantenstudium werden mehrere alternative Entsorgungsmöglichkeiten untersucht, welche Bauten und Maschinen benötigen. Zur Amortisation dieser Investitionen ist eine längere Betriebszeit der Anlagen erforderlich (je nach Art der Anlage bzw. Baute ca. 15 bis 30 Jahre). Da die Entsorgung bei allen Alternativen vergleichsweise teuer ist, wird deren Umsatz mit der absehbaren, vollständigen Deponierung von NSF in den Kiesgruben ab ca. 2015 einbrechen. Die verbleibende Betriebszeit bis 2015 ist aus ökonomischer Sicht sehr kurz. Dies ist bei der Beurteilung der geschilderten Varianten zu berücksichtigen.

2.5. Kapazität für NSF in Nachbarkantonen

Der Abtransport von NSF in Deponien oder Kiesgruben in den Nachbarkantonen ist eine Alternative zur Deponierung im Kanton Zug. Als Grundlage für die Beurteilung wurden alle bekannten Deponiemöglichkeiten in den Nachbarkantonen untersucht. Die detaillierten Ergebnisse sind in der Beilage 1 aufgeführt. Sie lassen sich bezüglich Kapazität und Transportart wie folgt zusammenfassen:

- Für grössere Mengen NSF sind mittelfristig (2 bis 6 Jahre) ausserhalb des Kantons Zug nur die Deponie der Lötscher AG in Littau (LU) und die Kiesgrube der Marti AG in Zell (LU) geeignet. An beiden Standorten sind zurzeit Anlieferungen aus dem Kanton Zug in der Grössenordnung von je 20'000 m³/a denkbar. In der Kiesgrube in Zell wird auch langfristig (6 bis 10 Jahre) ausreichend Deponievolumen zur Verfügung stehen. Bei Lötscher AG, Littau ist die langfristige Kapazität nicht bekannt (evtl. Nachfolgedeponie).
- In Littau kann das Material nur per Lastwagen angeliefert werden, in Zell per Lastwagen oder per Bahn.
- Für kurzfristige Engpässe (Zeithorizont 2 bis 3 Jahre) kann NSF in die Kiesgrube Ballwil, LU geliefert werden (nur per Lastwagen).

In den übrigen Deponien und Kiesgruben der Nachbarkantone bestehen keine Möglichkeiten und/oder kein Interesse für die Annahme von NSF.

2.6. Deponiegebühren (Kanton Zug und Nachbarkantone)

Auch die Deponiegebühren im Kanton Zug und in den Nachbarkantonen sind in der Beilage 1 aufgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse aus den erhobenen Daten sind nachfolgend aufgeführt:

- Die Deponiegebühren variieren regional sehr stark, in Städten und in Agglomerationen sind die Ansätze deutlich höher als an ländlichen Standorten. Im Raum Zürich sind die Gebühren höher als im Raum Luzern.
- Die Gebühren für NSF können bei einer Deponie auch im Verlauf der Zeit variieren. Der Preis wird aufgrund des vorhandenen Reservevolumens festgelegt und erst auf Anfrage für eine konkrete Anlieferung bekannt gegeben.
- Die Materialqualität ist ebenfalls preisrelevant. Je nach Deponie werden die Begriffe vernässt, schlammig oder fliessend verwendet; dabei sind keine einheitlichen oder zahlenmässigen Definitionen vorhanden (Wassergehalt, Korngrössenverteilung o.ä.). Vielfach wird der Preis erst nach Anlieferung einer "Probefuhre" festgelegt.
- Die Gebühren der Zuger Kiesgruben und Deponien sind im überregionalen Vergleich eher günstig.
 - Für die Deponierung von standfestem Material (unverschmutzter Aushub) werden im Kanton Zug 18.- bis 20.- Fr./m³ verrechnet.
 - Die Gebühren für nicht standfestes Material betragen rund 28.- Fr./m³ NSF (dieser Ansatz wird als Grundlage für die Ermittlung der Kostendifferenz von Alternativen weiter verarbeitet).
 - Die Deponiegebühr für Inertmaterial beträgt 40.- bis 45.- Fr./t (aktueller Marktpreis), dies entspricht je nach spezifischem Gewicht des anfallenden Materials einem Ansatz von 60.- bis 80.- Fr./m³.

2.7. Aushubvolumen und Deponiegebühren typischer Bauvorhaben

2.7.1. Wohnüberbauungen

In der Beilage 2 sind die Aushubdaten von 10 aktuellen Wohnüberbauungen im Kanton Zug zusammengestellt (Angabe Tiefbauunternehmer) und nach Volumen pro Wohnung sortiert. Die minimalen und die maximalen Aushubvolumen entstehen bei kleineren Überbauungen mit weniger als 20 Wohnungen. Für die übrigen Überbauungen resultiert ein mittleres Aushubvolumen von rund 550 m³ lose pro Wohnung.

Besteht der Untergrund aus standfestem Material, betragen die Gebühren für die Aushubentsorgung rund Fr. 10'000.- pro Wohnung. Bei nicht standfestem Material (NSF) ist mit Gebühren von rund Fr. 16'000.- pro Wohnung zu rechnen. Die Mehrkosten betragen damit rund Fr. 6'000.-. Verglichen mit dem mittleren Verkaufspreis einer Wohnung von Fr. 600'000.- bis 900'000.- sind die Mehrkosten relativ gering (max. 1 %).

2.7.2. Vergleich zwischen unterirdischem und oberirdischem Bauvolumen

Das ermittelte Aushubvolumen von rund 550 m³ lose pro Wohnung entspricht einem Festvolumen von rund 420 m³ (Auflockerung ca. 1.3). Erfahrungsgemäss wird rund 20 bis 35 % dieses Volumens nach Erstellung der Untergeschosse wieder hinterfüllt. Damit verbleibt ein mittleres unterirdisches Bauvolumen von rund 320 m³ pro Wohnung.

Das Bauvolumen einer typischen 4½-Zimmerwohnung (ca. 130 m² Wohnfläche, ca. 30 m² Wandquerschnitte, 2.8 m Geschosshöhe) beträgt rund 450 m³. Das zusätzliche, oberirdische Volumen von Treppenhäusern und einzelnen Nebenräumen kann vereinfachend mit rund 50 m³ pro Wohnung abgeschätzt werden. Daraus resultiert ein totales oberirdisches Bauvolumen von durchschnittlich rund 500 m³ pro Wohnung.

Zusammenfassend liegt das unterirdische Bauvolumen im Durchschnitt aller untersuchten Überbauungen in der Grössenordnung von 50 bis 70 % des oberirdischen Bauvolumens.

2.7.3. Bürogebäude

Bürogebäude werden eher in städtischen Lagen mit erhöhter Ausnützung realisiert. Damit ist das oberirdische Bauvolumen eher grösser, zudem sind die Landpreise höher. Dadurch liegen die Kosten für die Aushubentsorgung im Verhältnis zu den totalen Investitionen eher tiefer. Die Unterschiede zu den untersuchten Wohnüberbauungen werden aber als gering beurteilt. Analog zu den Wohnüberbauungen (vgl. Kap. 2.5.1) ist auch für Bürogebäude bei NSF mit Mehrkosten von maximal 1 % der totalen Immobilienpreise zu rechnen.

3. Variantendefinition und Vorgehen zur Beurteilung

3.1. Untersuchte Varianten

In Absprache mit der Arbeitsgruppe werden die folgenden alternativen Entsorgungsmöglichkeiten untersucht:

1. Lastwagen - Transport in ausserkantonale Kiesgruben und Deponien
2. Bahn - Transport in ausserkantonale Kiesgruben und Deponien
3. Zwischenlagerung und spätere Deponie im Kanton Zug
4. Verfestigung mit Filterstaub (Papierfabrik Perlen)
5. Einsatz von Filterpressen (mechanische Trocknung)
6. Thermische Trocknung
7. Stabilisation mit Kalk oder Gips
8. Seeschüttung
9. Planungsrechtliche Alternativen (weniger Bauten im Untergrund)

3.2. Vergleichsbasis

Je nach alternativer Entsorgungsmöglichkeit entstehen Kosten und Umweltauswirkungen, welche von denjenigen einer Deponierung im Kanton Zug abweichen. Als Vergleichsbasis für die Beurteilung dient jeweils eine "Referenzdeponie". Darunter ist die Deponierung in einer Kiesgrube im Zuger Talgebiet mit den dabei entstehenden Transporten, Kosten und Umweltauswirkungen zu verstehen. Im Variantenvergleich werden somit nicht die gesamten Auswirkungen einer Variante beurteilt, sondern nur die von der "Referenzdeponie" abweichenden – in der Regel zusätzlichen – Auswirkungen.

3.3. Vergleichskriterien

Bei den Kosten werden die Transportkosten sowie allfällige Kosten für den Bau und den Betrieb von Anlagen und für Landerwerb/Baurecht berücksichtigt. Die totalen Kosten werden für einen jährlichen Umsatz von 25'000 m³/a NSF ermittelt (vgl. Kap. 2.6.5) und pro Kubikmeter entsorgtes Material umgerechnet.

Als Kriterium für die Umweltbelastung werden die CO₂-Emissionen berechnet (stellvertretend für andere Luftschadstoffe und Lärm).

Die für Bahntransporte und für den Betrieb von Aufbereitungsanlagen erforderliche elektrische Energie wird modellmässig abgeschätzt.

Die Auswirkungen jeder Variante auf die Landschaft im Kanton Zug sowie allfällige weitere Kriterien werden qualitativ beurteilt bzw. textlich beschrieben.

Die folgenden Positionen treten teilweise bei mehreren Varianten auf und werden einheitlich ermittelt.

3.4. LW-Transport: Grössere Distanzen

3.4.1. Kosten

In der folgenden Tabelle sind die Kosten für Lastwagentransporte abgeschätzt. Dabei ist berücksichtigt, dass es sich beim Transport von NSF um vergleichsweise lange Strecken handelt, welche mehrheitlich auf Autobahnen gefahren werden.

Position	Variationsbereich			Einheiten
	70	65	60	
Durchschnittsgeschwindigkeit 1)	70	65	60	km/h
Zeitzuschlag für Auf- und Ablad	0	0	0	Min. 2)
Fahrleistung pro Stunde	35	32.5	30	km/Einsatzstunde
Ladung pro LW (5-Achs-Kipper)	10	10	10	m ³ NSF
Fuhrleistung pro Stunde	350	325	300	km * m ³ / Std.
Kosten 5-Achs-Kipper inkl. Chauffeur 1)	220	235	250	Fr. / Std.
Spezifische Kosten	0.63	0.72	0.83	Fr. / (km * m ³)

1) Zur Abschätzung der Spezifischen Kosten werden die Geschwindigkeit und die Stundenkosten innerhalb plausibler Grenzen variiert. Um eine grössere Variation zu erreichen, erfolgt die Variation gegenläufig (hohe Geschwindigkeit und tiefe Stundenkosten ergeben minimale Spezifische Kosten bzw. umgekehrt).

2) wird nicht berücksichtigt, da nur die Transportkosten infolge zusätzlicher Distanz relevant sind

Die Kosten für grössere Transportdistanzen (ohne zusätzlichen Auflad/Ablad) werden modellmässig mit einem mittleren Ansatz von 0.70 Fr./(km*m³) berechnet.

Bei Transporten mit zusätzlichem Auflad/Ablad liegen die Kosten um rund 10 Rp./(km*m³) höher (modellmässiger Zeitzuschlag von 5 Min., im Übrigen analog zu vorstehender Tabelle). Für die Kalkulation wird ein Durchschnittswert von 0.80 Fr./(km*m³) eingesetzt.

3.4.2. CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen für den Transport in ausserkantonale Kiesgruben werden gemäss BAFU Handbuch 355 [2] nach Fahrzeugschicht ermittelt. Verarbeitet wird ein Emissionsfaktor von 803 Gramm CO₂ pro km und Lastwagen (Solo-Lkw, >32 Tonnen, Euro 5, Mittelwert Autobahn).

Für zusätzliche Transporte im Kanton Zug wird ein modellmässiger Emissionsfaktor von 944 Gramm CO₂ pro km und Lastwagen eingesetzt (Solo-Lkw, >32 Tonnen, Euro 5, Mittelwert aller Verkehrssituationen).

3.5. Bahn-Transporte und zugehöriger Materialumschlag

3.5.1. Transport- und Umschlagkosten Bahn

Für das Kieskonzept 2008 wurden auch die Kosten für die Kieslieferung per Bahn ermittelt. Dabei wurde zwischen den eigentlichen Transportkosten und Umschlagkosten unterschieden.

Die Transportkosten betragen für Zell 22.50 Fr./m³. Da NSF schwieriger zu transportieren ist als Kies, wird für die Kalkulation ein Preis von 25 bis 30 Fr./m³ eingesetzt.

Die Umschlagkosten für Kies wurden mit rund 17.- Fr./m³ angegeben (Angaben der Bahnkies AG). Da NSF schwieriger umzuschlagen ist als Kies, wird für die Kalkulation ein Preis von 20 bis 25 Fr./m³ eingesetzt.

3.5.2. Energiebedarf Bahn-Transport

Der Energiebedarf für den SBB-Transport wird mit dem Rechenmodell ecotransit der SBB abgeschätzt [3]. Gemäss online-Abfrage sind für den Transport zwischen Steinhausen und Gettnau 16.7 MJ pro Tonne Schwergut erforderlich. Dies entspricht einem spezifischen Energiebedarf von rund 27 MJ/m³ NSF.

Der Energiebedarf beim Verlad des Materials im Kanton Zug ist demgegenüber vernachlässigbar.

3.5.3. CO₂-Emissionen beim Lastwagentransport: Gettnau bis Kiesgrube

Die Transportemissionen im Kanton Zug sind vergleichbar mit denjenigen zu einer Referenzdeponie. Die CO₂-Emissionen für den Transport vom Bahnhof Gettnau zur Kiesgrube Zell werden gemäss BAFU Handbuch 355 [2] nach Fahrzeugschicht ermittelt. Verarbeitet wird ein Emissionsfaktor von 944 Gramm CO₂ pro km und Lastwagen eingesetzt (Solo-Lkw, >32 Tonnen, Euro 5, Mittelwert aller Verkehrssituationen).

3.5.4. CO₂-Emissionen beim Umschlag in Gettnau

Der Umschlag in Gettnau erfolgt mit einem Bagger. Modellmässig werden eine Leistung von 120 m³/h, ein Dieserverbrauch von 18 l/h und ein Emissionsfaktor von 3.1 kg CO₂ pro kg Diesel eingesetzt.

3.6. Grundstückskosten (Landerwerb/Baurecht)

Für den Betrieb der Varianten 3 bis 7 sind teilweise erhebliche Flächen erforderlich. Diese stehen in den Zuger Kiesgruben nicht zur Verfügung. Zudem sind die raumplanerischen Voraussetzungen für den Betrieb von Aufbereitungsanlagen (= Abfallanlagen) in den Kiesgruben nicht gegeben.

Die Aufbereitungsanlagen müssen daher konzeptionell in Arbeitszonen platziert werden. Die jährlichen Kosten für den Landerwerb bzw. das Baurecht werden mit einem Grundstückspreis von 600 Fr./m² und einem Zinssatz von 5 % abgeschätzt.

3.7. Kapitalkosten von Aufbereitungsanlagen

Die Kosten für die technischen Einrichtungen (Maschinen, Pumpen) der Aufbereitungsvarianten werden anhand von Daten zu bestehenden Anlagen abgeschätzt. Die Kosten werden modellmässig über einen Zeitraum von 15 Jahren amortisiert. Zusätzlich wird der Aufwand für die Verzinsung von 50 % der Investition zu 5 % berücksichtigt.

Für die Abschreibung von Bauten (insbesondere Hallen) ist eine längere Amortisationszeit gerechtfertigt. Modellmässig werden 30 Jahre eingesetzt. Bei den meisten Varianten ergeben sich Jahreskosten unter 1 Fr./m³ NSF, welche vernachlässigbar sind und in der Zusammenstellung nicht aufgelistet werden (Ausnahme Zwischenlagerung vgl. Kap. 4.3).

3.8. Kapazität von Aufbereitungsanlagen

3.8.1. Modellmässige Kapazität

Die Varianten 4 bis 7 basieren auf Aufbereitungsanlagen. Um die Kosten und die Umweltauswirkungen abschätzen zu können, ist eine Grösse bzw. eine Kapazität festzulegen. Wie im Kap. 2.2 erläutert, können im Kanton Zug tägliche Maxima von 1'000 bis 1'500 m³ NSF anfallen. Um einen namhaften Beitrag zur Entsorgung zu erbringen, muss eine Aufbereitungsanlage eine tägliche Kapazität von 500 bis 800 m³ NSF aufweisen (das restliche Volumen kann in Bethlehem entsorgt werden). Modellmässig wird für alle Varianten eine Kapazität von 600 m³ NSF pro Tag angenommen.

3.8.2. Resultierende Auslastung

Mit einer täglichen Kapazität von 600 m³ NSF pro Tag ergibt sich bei 200 produktiven Tagen pro Jahr eine theoretische Jahreskapazität von rund 120'000 m³/a NSF. Das zur Aufbereitung verbleibende, jährliche Volumen beträgt rund 25'000 m³/a NSF (vgl. Kap. 2.6.5). Daraus resultiert eine Auslastung von lediglich rund 20 %.

Dieser tiefe Wert ergibt sich aus dem stark schwankenden Materialanfall (in der Regel schubweise, dazwischen längere Phasen ohne jeglichen Aushub). Bei allen Aufbereitungsvarianten sowie für den Bahntransport müssen damit relativ grosse Anlagen konzipiert werden, welche nur in Spitzenzeiten ausgelastet sind und einen grossen Teil des Jahres leer stehen. Es ist offensichtlich, dass dieser Sachverhalt einen ökonomischen Betrieb stark erschwert.

4. Darstellung und Beurteilung der Varianten

4.1. Lastwagen-Transport in ausserkantonale Kiesgrube/Deponie

Konzept:	Das NSF-Material wird mit Lastwagen in die Deponie Littau oder in die Kiesgrube Zell geführt. Im Kanton Zug sind keine Anlagen erforderlich und es entsteht kein zusätzlicher Betriebsaufwand.	
Technische Machbarkeit:	Diese Variante wird für verschiedene Deponiestandorte bereits heute betrieben. Sie ist damit technisch und betrieblich erprobt. An den beiden untersuchten Standorten ist insgesamt eine ausreichende Kapazität für NSF vorhanden (vgl. Kap. 2.5).	
Bauten und Anlagen:	keine	
Flächenbedarf:	0 m ²	
Betriebsaufwand:	kein zusätzlicher Umschlag	
Zusätzliche Transporte:	Littau: 26 km (ohne Verlad), Zell: 54 km (ohne Verlad)	
Kostenermittlung:	Littau	Zell
Transportkosten:	ca. 18.- Fr./m ³	ca. 38.- Fr./m ³
Deponiegebühr:	ca. 36.- Fr./m ³	ca. 23.- Fr./m ³
Totale Kosten:	ca. 54.- Fr./m³	ca. 61.- Fr./m³
Gebühr NSF Kanton Zug: (Referenzdeponie)	ca. 28.- Fr./m ³	ca. 28.- Fr./m ³
Mehrkosten:	ca. 26.- Fr./m³	ca. 33.- Fr./m³
CO₂-Emissionen:	Littau	Zell
Total (Transporte)	ca. 4.2 kg pro m ³	ca. 8.7 kg pro m ³
Elektrische Energie:	0 MJ/m ³	
Landschaft:	Durch den Abtransport von NSF-Aushubmaterial werden die Zuger Deponiereserven entlastet. Damit reduziert sich auch der Druck auf die Landschaft im Kanton Zug. Im Gegenzug wird die Landschaft im Kanton Luzern stärker belastet. Das Ausmass der Verschiebung (max. 25'000 m ³ /a) ist allerdings im Verhältnis zum gesamten jährlichen Deponievolumen (> 500'000 m ³ /a im Kanton Zug, über 1 Mio. m ³ /a im Kanton Luzern) gering.	
Weitere Punkte:	<p>Die Rückfahrten können allfällig für die Zufuhr von Kies eingesetzt werden. Damit steigen die Kiesimporte und die Zuger Kiesreserven werden geschont. Das Ausmass (max. 25'000 m³/a) ist aber bezogen auf den gesamten Kiesabbau im Kanton Zug (>400'000 m³/a) gering. Zudem müssen die Ladebrücken der Lastwagen vor dem Beladen mit Kies sorgfältig gewaschen werden, um Verunreinigungen beim Kiestransport zu verhindern (Betriebsaufwand).</p> <p>Bei Aufnahme dieser Variante in die Abfallplanung des Kantons Zug ist eine Absprache mit dem Kanton Luzern erforderlich.</p>	
Gesamtbeurteilung:	<p>Technisch gut machbar, mittlere Mehrkosten, mittlere bis hohe CO₂-Emissionen.</p> <p>Aus ökologischen und ökonomischen Überlegungen ist der Standort Littau gegenüber Zell zu bevorzugen.</p>	

4.2. Bahn-Transport nach Zell (LU)

Konzept:	<p>Das NSF-Material wird mit Lastwagen zu einer neuen Verladestation im Kanton Zug, z.B. in der Arbeitszone Steinhausen oder Rotkreuz geführt (die Anlagen der Bahnkies AG in Rotkreuz sind für die Zufuhr von kiesigem Material ausgerichtet und können für den Abtransport von schlammigem Material nicht verwendet werden).</p> <p>Der Transport von der neuen Verladestation bis zum Bahnhof Gettnau erfolgt per Bahn. Ab Gettnau wird das Material mit Lastwagen in die Kiesgrube Zell gefahren.</p>																					
Technische Machbarkeit:	<p>Gemäss Erfahrungen der Eberhard AG muss das NSF für den SBB-Transport mindestens stichfest sein. Beim Bau des Glatstollens wurde auf der Baustelle mit Kalk stabilisiert (ergibt erhebliche Mehrkosten, weil inertes Material mit höheren Deponiegebühren entsteht, vgl. Kap. 4.7)</p> <p>Gemäss Angabe der Kiesbetrieb Weiach AG tropft bei den älteren Wagen der SBB die Seekreide aus den Ritzen und verstopft die Hydraulik der Wagen und die Weichen. Eigene Wagen der Weiach AG sind besser konstruiert (Mulden), werden aber auch nicht für Seekreide eingesetzt. Evtl. könnte mit Folien eine Abdichtung erstellt werden. Dies wurde noch nie in grösserem Umfang durchgeführt.</p> <p>Zusammenfassend ist die Variante Bahntransport für NSF nicht erprobt und die Machbarkeit nicht gesichert.</p>																					
Bauten und Anlagen:	gedeckte Verladestation, Speicherbecken, Förderbänder u.a.																					
Flächenbedarf:	ca. 3'000 - 4'000 m ² (Arbeitszone in Bahnhofsnähe)																					
Betriebsaufwand:	Umschlag in Verladestation im Kanton Zug (elektrisch) und Umschlag in Gettnau (Baumaschinen)																					
Zusätzliche Transporte:	ca. 70 Bahn-km ca. 5 km mit LW (mit Verlad, Gettnau bis Kiesgrube)																					
Kostenermittlung:	<table> <tr> <td>Umschlagkosten</td> <td>ca. 20 - 25.- Fr./m³</td> <td>(Verladestation, inkl. Land, vgl. Kap. 3.5)</td> </tr> <tr> <td>Transportkosten SBB:</td> <td>ca. 25 - 30.- Fr./m³</td> <td>(vgl. Kap. 3.5)</td> </tr> <tr> <td>LW: Gettnau - Kiesgrube:</td> <td>ca. 8.- Fr./m³</td> <td>(Angabe Marti AG, inkl. Umschlag)</td> </tr> <tr> <td>Deponiegebühr:</td> <td>ca. 23.- Fr./m³</td> <td>(Angabe Marti AG)</td> </tr> <tr> <td>Totale Kosten:</td> <td>ca. 68 - 86.- Fr./m³</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gebühr NSF Kanton Zug:</td> <td>ca. 28.- Fr./m³</td> <td>(Referenzdeponie)</td> </tr> <tr> <td>Mehrkosten:</td> <td>ca. 40 - 60.- Fr./m³</td> <td>(gerundet)</td> </tr> </table>	Umschlagkosten	ca. 20 - 25.- Fr./m ³	(Verladestation, inkl. Land, vgl. Kap. 3.5)	Transportkosten SBB:	ca. 25 - 30.- Fr./m ³	(vgl. Kap. 3.5)	LW: Gettnau - Kiesgrube:	ca. 8.- Fr./m ³	(Angabe Marti AG, inkl. Umschlag)	Deponiegebühr:	ca. 23.- Fr./m ³	(Angabe Marti AG)	Totale Kosten:	ca. 68 - 86.- Fr./m³		Gebühr NSF Kanton Zug:	ca. 28.- Fr./m ³	(Referenzdeponie)	Mehrkosten:	ca. 40 - 60.- Fr./m³	(gerundet)
Umschlagkosten	ca. 20 - 25.- Fr./m ³	(Verladestation, inkl. Land, vgl. Kap. 3.5)																				
Transportkosten SBB:	ca. 25 - 30.- Fr./m ³	(vgl. Kap. 3.5)																				
LW: Gettnau - Kiesgrube:	ca. 8.- Fr./m ³	(Angabe Marti AG, inkl. Umschlag)																				
Deponiegebühr:	ca. 23.- Fr./m ³	(Angabe Marti AG)																				
Totale Kosten:	ca. 68 - 86.- Fr./m³																					
Gebühr NSF Kanton Zug:	ca. 28.- Fr./m ³	(Referenzdeponie)																				
Mehrkosten:	ca. 40 - 60.- Fr./m³	(gerundet)																				
CO₂-Emissionen:	ca. 1.3 kg pro m ³ (Umschlag und LW-Transport)																					
Elektrische Energie:	ca. 27 MJ/m ³ (vgl. Kap. 3.5)																					
Landschaft:	Entlastung, analog zu Variante 1 (vgl. Kap. 4.1)																					
Gesamtbeurteilung:	<p>Machbarkeit nicht gesichert, hohe Mehrkosten, hoher elektrischer Energieaufwand.</p> <p>Es entstehen zusätzliche ökonomische Schwierigkeiten, da die Betriebsdauer voraussichtlich kurz und die durchschnittliche Auslastung relativ gering ist (vgl. Kap. 2.6.6 bzw. Kap. 3.8.3).</p>																					

4.3. Zwischenlagerung

Konzept:	<p>In längeren Schlechtwetterphasen muss die Annahme von vernässtem Material in Zuger Deponien aus Stabilitätsgründen eingestellt werden. Das vernässte Material, welches in trockenen Zustand standfest oder zumindest mit standfestem Aushub mischbar wäre, muss anderweitig entsorgt werden.</p> <p>Mit einem Zwischenlager kann dieser Engpass umgangen werden. Das vernässte Material wird während der Schlechtwetterphase zwischengelagert und erst bei besseren Verhältnissen in die Deponie geführt. Dort kann es mit standfestem Aushub gemischt und eingebaut werden (Mischpreis "nass").</p> <p>Um einen grösseren Aushub einer Baustelle mit kritischem Untergrund in einer mehrwöchigen Schlechtwetterphase auffangen zu können, muss das Zwischenlager ein Volumen von etwa 8'000 bis 10'000 m³ aufweisen (ca. 15 Tage à 600 m³).</p>
Technische Machbarkeit:	Ein vollständiges Zwischenlager wird bis jetzt nirgends betrieben. Die einzelnen Arbeitsvorgänge werden aber auf Baustellen regelmässig abgewickelt. Die technische Machbarkeit ist gesichert.
Bauten und Anlagen:	Halle (Witterungsschutz), Becken, Kostenschätzung ca. Fr. 0.8 - 1.2 Mio.
Flächenbedarf:	ca. 4'000 - 6'000 m ² (Arbeitszone)
Betriebsaufwand:	Lagerbewirtschaftung, Auflag nach Zwischenlagerung (Bagger)
Zusätzliche Transporte:	ca. 6 bis 10 km mit LW (mit Verlad, bis Deponie)
Kostenermittlung:	
Grundstückskosten:	ca. 5 - 7.- Fr./m ³
Amortisation Baukosten:	ca. 2 - 3.- Fr./m ³ (Amortisationszeit 30 Jahre)
Transportkosten:	ca. 5 - 8.- Fr./m ³
Betriebskosten:	ca. 3 - 5.- Fr./m ³
Deponiegebühr:	ca. 22 - 24.- Fr./m ³ (Mischpreis, nass)
Totale Kosten:	ca. 37 - 47.- Fr./m³
Gebühr NSF Kanton Zug:	ca. 28.- Fr./m ³
Mehrkosten:	ca. 10 - 20.- Fr./m³ (= Mehrkosten, gerundet)
CO₂-Emissionen:	ca. 2.5 kg pro m ³ (Lagerbewirtschaftung, Auflag und LW-Transport)
Elektrische Energie:	0 MJ/m ³
Landschaft:	keine Auswirkungen
Gesamtbeurteilung:	<p>Machbarkeit gesichert, geringe Mehrkosten.</p> <p>Keine Lösung für NSF im engeren Sinne. Dieses kann auch bei trockenen Verhältnissen nicht gemischt eingebaut werden.</p> <p>Für das Zwischenlager ist eine relativ grossflächige Anlage erforderlich, welche nur während einiger Wochen pro Jahr betrieben wird und einen Grossteil des Jahres leersteht (ineffiziente Nutzung von Arbeitszonen, raumplanerisch wenig sinnvoll).</p> <p>Zudem entstehen wegen der sehr kurzen Amortisationszeit ökonomische Schwierigkeiten (vgl. Kap. 2.6.6).</p>

4.4. Verfestigung mit Filterstaub aus der Papierfabrik Perlen

Konzept:	Zuger Deponiebetreiber verfolgen die Idee, Seekreide (bzw. NSF) mit Filterstaub aus der Papierfabrik Perlen (LU) zu verfestigen. Der Anfall von Filterstaub in Perlen liegt bei rund 12'000 t/a. Unter der Annahme, dass für einen Kubikmeter NSF rund 400 kg Filterstaub eingesetzt werden, ergibt sich ein Potential von rund 30'000 m ³ /a NSF, welches verfestigt werden kann. Dies entspricht etwa der kurz- bis mittelfristigen "Deponielücke" im Kanton Zug (vgl. Kap. 2.6.5).										
Technische Machbarkeit:	Im Verlauf des Jahres 2009 sind erste Vorversuche vorgesehen. Zurzeit ist keine Angabe möglich, ob das Produkt die Qualitätsanforderungen von Inertmaterial erfüllen wird. Damit sind auch keine abschliessenden Aussagen zur Machbarkeit möglich. Ebenso sind zum Betriebskonzept nur grobe Abschätzungen möglich. Die folgenden Angaben dienen damit lediglich zur Veranschaulichung von Grössenordnungen.										
Bauten und Anlagen:	Halle (Witterungsschutz), Speicherbecken, versiegelter Untergrund										
Flächenbedarf:	ca. 3'000 - 4'000 m ² (Arbeitszone)										
Betriebsaufwand:	Mechanische Durchmischung, voraussichtlich mit Baggern oder vergleichbaren Baumaschinen										
Zusätzliche Transporte:	ca. 6 bis 10 km mit LW (mit Verlad, bis Inertstoffdeponie)										
Kostenermittlung:	Filterstaub wird heute zum Preis von rund 150 Fr./t in die Reaktor-deponie geführt. Ziel wäre ein vermischtes, inertes Produkt, welches gegen eine Gebühr von rund 50 Fr./t deponiert werden kann (Für den folgenden Vergleich der Deponiegebühren wird das spezifische Gewicht von NSF mit 1.6 t/m ³ abgeschätzt, vgl. Kap. 2.1).										
Deponiegebühren:	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 80%;">- unverschmutzter Aushub: 1 m³ NSF à Fr. 28.-</td> <td style="text-align: right;">Fr. 28.-</td> </tr> <tr> <td>- Reaktormaterial: 0.4 Tonnen à Fr. 150.-</td> <td style="text-align: right;"><u>Fr. 60.-</u></td> </tr> <tr> <td>Total bisherige Deponiegebühren:</td> <td style="text-align: right;">Fr. 88.-</td> </tr> <tr> <td>mit Verfestigung: Inertstoff: 2.0 Tonnen à Fr. 45.-</td> <td style="text-align: right;">Fr. 90.-</td> </tr> <tr> <td>Mehrgebühren mit Verfestigung</td> <td style="text-align: right;">Fr. 2.-</td> </tr> </table>	- unverschmutzter Aushub: 1 m ³ NSF à Fr. 28.-	Fr. 28.-	- Reaktormaterial: 0.4 Tonnen à Fr. 150.-	<u>Fr. 60.-</u>	Total bisherige Deponiegebühren:	Fr. 88.-	mit Verfestigung: Inertstoff: 2.0 Tonnen à Fr. 45.-	Fr. 90.-	Mehrgebühren mit Verfestigung	Fr. 2.-
- unverschmutzter Aushub: 1 m ³ NSF à Fr. 28.-	Fr. 28.-										
- Reaktormaterial: 0.4 Tonnen à Fr. 150.-	<u>Fr. 60.-</u>										
Total bisherige Deponiegebühren:	Fr. 88.-										
mit Verfestigung: Inertstoff: 2.0 Tonnen à Fr. 45.-	Fr. 90.-										
Mehrgebühren mit Verfestigung	Fr. 2.-										
Differenz Gebühren:	ca. 0 - 5.- Fr./m ³ (s. oben)										
Grundstückskosten:	ca. 4 - 5.- Fr./m ³										
Transportkosten:	ca. 5 - 8.- Fr./m ³										
Betriebskosten:	<u>ca. 15 - 30.- Fr./m³</u> (Grobabschätzung, Betriebsablauf unklar)										
Totale Kosten:	ca. 25 - 50.- Fr./m³ (= Mehrkosten, gerundet)										
CO₂-Emissionen:	ca. 2 bis 4 kg pro m ³ NSF (1.5 kg für LW-Transport plus Betrieb, Ausmass nicht genauer bezifferbar, da Betriebsablauf unklar)										
Elektrische Energie:	0 MJ/m ³										
Landschaft:	keine Auswirkungen (Verschiebungen zwischen Deponietypen)										
Technische Verordnung über Abfälle (TVA):	Der unverschmutzte Aushub wird mit "schlechterem" Material zu einem "kritischeren" Produkt vermischt. Dies verstösst gegen das Prinzip der TVA (keine Vermischung, keine Verdünnung).										
Gesamtbeurteilung:	<p>Machbarkeit unklar, evtl. Konflikt mit TVA, hohe Mehrkosten.</p> <p>Die Idee kann weiter verfolgt werden. Aus Sicht der TVA muss der Prozess aber als Entsorgung von Filterstaub bezeichnet werden, bei dem NSF als Hilfsmittel benötigt wird. Als eigenständige Lösung zur Entsorgung von NSF wird der Ansatz nicht weiter propagiert.</p>										

4.5. Einsatz von Filterpressen (Maschinelle Trocknung)

<p>Konzept:</p>	<p>Seekreide bzw. NSF hat ähnliche Eigenschaften wie der Filterschlamm, welcher bei der Kiesaufbereitung entsteht. Nach der Pressung hat der Filterschlamm einen Wassergehalt von rund 20 % und ist stapelbar. Das Material kann in der Auffüllung ohne grössere technische Probleme eingebaut werden.</p> <p>Es liegt nahe, NSF in den Schlammfilterpressen der Zuger Kiesgruben aufzubereiten. Allerdings sind die vorhandenen Anlagen im Kanton Zug aktuell sehr gut ausgelastet. Erst bei deutlich besserer Qualität der Kiesreserven ergäbe sich eine massgebende Kapazität zur Aufbereitung von NSF. Kurz- und mittelfristig ist dies nicht absehbar.</p> <p>Die bestehende Anlage der Sand AG in Neuheim weist eine maximale Kapazität von rund 400 m³/d auf (Endprodukt ca. 600 t/d, umgerechnet). Zur Entsorgung von NSF in relevantem Ausmass (ca. 600 m³/d, vgl. Kap. 3.8.1) muss eine Anlage erstellt werden, welche ca. 50 % grösser ist, als diejenige der Sand AG. Es ist mit totalen Investitionen in der Grössenordnung von Fr. 4.5 bis 6 Mio. zu rechnen.</p>
<p>Technische Machbarkeit:</p>	<p>Für die Beschickung der Schlammfilterpresse muss das Material pumpfähig sein. Typischer Filterschlamm erfüllt diese Bedingung mit einem Wassergehalt von rund 70 %. Das im Kanton Zug anfallende NSF-Aushubmaterial hat je nach Baustelle und Witterung einen Wassergehalt zwischen 30 und 50 % (vgl. Kap. 2.1) und muss daher vor der Pressung mit Wasser vermischt werden. Es ist ineffizient, den Wassergehalt zuerst auf rund 70 % zu erhöhen, um ihn danach wieder auf 20 % zu reduzieren.</p> <p>Die bestehenden Anlagen in den Zuger Kiesgruben sind auf die spezifischen Eigenschaften des eigenen Filterschlammes ausgerichtet. Für den heutigen, gut funktionierenden Betrieb waren aufwändige Test und Probeläufe erforderlich (Filtertuchmaterial usw.). Das zugeführte Aushubmaterial hat teilweise andere – und vor allem je nach Baustelle wechselnde – Eigenschaften. Zur Aufbereitung von NSF sind daher laufende Tests und Umstellungen erforderlich, was zusätzliche Betriebskosten zur Folge hat (Schätzung für Personal, Technischen Unterhalt und Energie: Fr. 250'000 bis 350'000 pro Jahr).</p> <p>Für den Einsatz einer Schlammfilterpresse ist es absolut zwingend, dass keine Steine in die Presse gelangen können. Beim Filterschlamm ist diese Voraussetzung erfüllt, weil in der Kiesaufbereitung alle Steine entfernt werden. Dagegen kann das anfallende NSF-Aushubmaterial mit kiesigen Anteilen oder einzelnen Steinen vermischt sein. Diese müssen vorgängig in einem zusätzlichen Arbeitsprozess eliminiert werden. Da das NSF nicht siebfähig ist, muss die Trennung nach der Vermischung mit Wasser erfolgen. Ein erprobtes Verfahren zur Ausscheidung von kleineren Steinen aus einem tonigen, stark wasserhaltigen Schlamm gibt es nicht. Damit ist die technische Machbarkeit nicht vollständig gesichert.</p>
<p>Bauten und Anlagen:</p>	<p>Halle, Speicherbecken, Förderpumpe, Kammerfilterpresse(n)</p>
<p>Flächenbedarf:</p>	<p>ca. 3'000 - 4'000 m² (Arbeitszone)</p>
<p>Betriebsaufwand:</p>	<p>Technischer Unterhalt und laufende Tests bei der Filterpresse Betrieb von Förderpumpe und Filterpresse</p>

Beurteilung Filterpressen**Fortsetzung**

Zusätzliche Transporte:	ca. 6 bis 10 km mit LW (mit Verlad, Aufbereitung bis Deponie)
Kostenermittlung:	
Grundstückskosten:	ca. 4 - 5.- Fr./m ³
Amortisation Anlagen:	ca. 17 - 22.- Fr./m ³ (Amortisationszeit 15 Jahre)
Betriebskosten Anlagen:	ca. 10 - 15.- Fr./m ³ (Unterhalt, inkl. laufende Tests)
Transportkosten:	ca. 4 - 5.- Fr./m ³
Deponiegebühr standfest:	<u>ca. 18 - 20.- Fr./m³</u>
Totale Kosten:	ca. 53 - 67.- Fr./m³
Gebühr NSF Kanton Zug:	ca. 28.- Fr./m ³
Mehrkosten:	ca. 25 - 40.- Fr./m³ (= Mehrkosten, gerundet)
CO₂-Emissionen:	ca. 1.5 kg pro m ³ NSF (LW-Transporte)
Elektrische Energie:	ca. 17 - 26 MJ/m ³ (Förderpumpe / Filterpressanlage)
Landschaft:	keine Auswirkungen
Gesamtbeurteilung:	<p>Machbarkeit nicht gesichert, mittlere bis hohe Mehrkosten, hoher elektrischer Energieaufwand.</p> <p>Es entstehen zusätzliche ökonomische Schwierigkeiten, da die Betriebsdauer voraussichtlich kurz ist (deutlich kürzer als die angenommene Amortisationszeit) und die durchschnittliche Auslastung relativ gering ist (vgl. Kap. 2.6.6 bzw. Kap. 3.8.3).</p>

4.5.1. Einsatz von rein mechanischen Trocknungsanlagen

Die Binder AG (Gleisdorf, Österreich; vertreten in der Schweiz durch StaTech GmbH, Baar) ist spezialisiert auf die mechanische Trocknung von unterschiedlichsten Materialien. Im Bereich Steine und Erden werden u.a. Rotationskörper (Zentrifugen) und Vibrations-siebanlagen eingesetzt. Die StaTech hat im Juli 2009 auf der Baustelle Alpenblick in Cham eine Probe von "typischer Zuger Seekreide" entnommen. Die Begutachtung im Werk und Laborversuche haben gezeigt, dass die Trocknung von Seekreide mit rein mechanischen Methoden nicht in Frage kommt.

Das Ergebnis bestätigt auch das Vorgehen der Zuger Kiesfirmen, welche zur Aufbereitung ihres Filterschlammes ausschliesslich auf Kammerfilterpressen setzen. Zusammenfassend ist der Einsatz von rein mechanischen Trocknungsanlagen für die Aufbereitung von NSF nicht möglich.

4.6. Thermische Trocknung

Für die thermische Trocknung von NSF kommt am ehesten der Einsatz eines Fließbett-trockners in Frage. Bei diesem Verfahren wird das Material unter ständiger Vibration mit Luft erwärmt und getrocknet. Dabei ist der hohe Wassergehalt von NSF und als Folge davon der grosse Energieverbrauch für die Erwärmung und Verdampfung problematisch. In einem ersten Schritt wird der Energiebedarf grob abgeschätzt und beurteilt.

Der mittlere Wassergehalt im NSF beträgt bei einem spezifischen Gewicht von 1.6 t/m^3 rund 40 % (vgl. Kap. 2.1, alle %-Angaben in diesem Abschnitt bezeichnen Gewichtsprozent). Dies entspricht einem Wassergehalt von 640 kg/m^3 im Ausgangszustand. Aufgrund der Erfahrungen bei der mechanischen Trocknung darf das Endprodukt einen Wassergehalt von höchstens 20 % oder 240 kg/m^3 (Trockensubstanz 960 kg/m^3) aufweisen, um als standfester Aushub deponiert werden zu können. Daraus resultiert eine Wassermenge von rund 400 kg pro Kubikmeter NSF, welche dem Aushubmaterial durch Trocknung (Verdampfung) zu entziehen ist.

Die erforderliche Erwärmung (von 20 auf 100 Grad mit $4.18 \text{ kJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$) und die Verdampfungswärme (2.256 MJ/kg) ergeben einen Energiebedarf von total rund 2.6 MJ/kg verdampftes Wasser. Dies entspricht einem theoretischen Energiebedarf von rund $1'000 \text{ MJ/m}^3$ NSF (umgerechnet 280 kWh/m^3 NSF).

In der Praxis geht einerseits Energie verloren (Umwandlungs- und Umgebungsverluste), andererseits kann ein Teil der aufgewendeten Energie zurückgewonnen werden (Wärmerückgewinnung). Genaue Daten für diese beiden Faktoren sind nicht verfügbar. Im Sinne einer Abschätzung wird davon ausgegangen, dass sich die beiden Effekte in etwa kompensieren. Daraus resultiert für die thermische Trocknung ein Energiebedarf in der Grössenordnung von 800 bis $1'200 \text{ MJ/m}^3$ NSF.

Wird dieser Energiebedarf elektrisch gedeckt, ist der Stromverbrauch rund 30mal grösser als bei den anderen Varianten mit Energiebedarf (Bahn-Transport, Filterpresse). Zudem betragen die Energiekosten allein schon zwischen 25 und 40 Fr./m^3 NSF (Annahme mittlere Kosten von 12 Rp./kWh).

Beim Einsatz von Heizöl sind die Energiekosten mit 15 bis 22 Fr./m^3 NSF zwar etwas tiefer (Heizwert 42.6 MJ/kg , Kosten 0.65 Fr./Liter). Dafür entstehen CO_2 -Emissionen in der Grössenordnung von 60 bis 90 kg/m^3 NSF. Dies ist 10 bis 20mal mehr als beim Lastwagentransport in den Kanton Luzern.

Zusammenfassend ist der Energiebedarf für die thermische Trocknung von nicht standfestem Aushub NSF extrem gross. Zudem sind die Kosten und/oder die CO_2 -Emissionen im Vergleich mit den übrigen Varianten unverhältnismässig hoch.

Bereits die vorliegende, stark vereinfachte Abschätzung macht eindeutig klar, dass die thermische Trocknung aus ökonomischen und ökologischen Gründen nicht weiter zu verfolgen ist. Eine detailliertere Energieberechnung oder eine Beurteilung der übrigen Aspekte erübrigt sich.

4.7. Stabilisation mit Kalk oder Gips

Mit Kalk, Gips oder ähnlichen Materialien kann nicht standfester Aushub (NSF) zu einem standfesten Mischgut stabilisiert werden. Das Verfahren wurde beim Bau des Glatstollens mit Kalk schon praktiziert. Die Vermischung erfolgte dabei direkt auf der Baustelle.

Allerdings gilt das entstehende Mischgut nicht mehr als "unverschmutzter Aushub", sondern muss als Inertmaterial entsorgt werden. Damit widerspricht das Verfahren einerseits einem Prinzip der Technischen Verordnung über Abfälle (TVA [4], Abfalltrennung, keine Vermischung). Andererseits entstehen durch die höheren Gebühren als Inertmaterial erhebliche Mehrkosten. Unter Annahme eines mittleren spezifischen Gewichtes von 1.8 t/m^3 für das Mischgut (NSF 1.6 t/m^3 , vgl. Kap. 2.1) ergeben sich Deponiegebühren von rund 80 Fr./m^3 . Im Vergleich zu den Kosten der Referenzdeponie von 28 Fr./m^3 resultieren allein bei der Deponiegebühr Mehrkosten von rund 50 Fr./m^3 . Hinzu kommen die Materialkosten für den Kalk und die Betriebskosten für den Umschlag (Vermischung), was auf totale Mehrkosten in der Grössenordnung von 60 bis 70 Fr./m^3 führt.

Die Stabilisation mit Kalk oder Gips kommt im Vergleich zur Referenzdeponie und zu den bereits aufgezeigten Varianten aus ökonomischen Gründen nicht in Frage. Zudem sprechen abfallrechtliche Aspekte gegen dieses Verfahren. Auf eine detaillierte Untersuchung der übrigen Aspekte wird verzichtet.

4.8. Seeschüttung

Seeschüttungen belasten das aquatische System. Gemäss Gewässerschutzgesetz ([5], Art. 39) ist es deshalb grundsätzlich untersagt, feste Stoffe in Seen einzubringen, auch wenn diese das Wasser – wie im Fall von unverschmutztem Aushub – nicht bleibend verunreinigen. Diese Vorschrift zielt auf einen quantitativen Schutz der Seen: In der BAFU-Mitteilung Nr. 32 zum Gewässerschutz [6] wird sie wie folgt konkretisiert:

"Seen dürfen nicht als Deponieraum genutzt werden und die natürliche Verlandung soll nicht künstlich beschleunigt werden. Auch soll die Integrität der Uferzone, welche den produktivsten biologischen Bereich eines Sees darstellt, geschützt werden.

Die Bestimmungen des Bundes sind somit klar auf die Schutzinteressen ausgerichtet. Ausgeschlossen sind deshalb das Einbringen von verschmutztem Material wie auch Seeschüttungen, die ausschliesslich ökonomische Ziele verfolgen (z.B. Deponien, Zwischenlagerungen).

Da das Gewässerschutzgesetz auch eine Verbesserung des ökologischen Zustands zum Ziel hat, können die zuständigen Instanzen Schüttungen erlauben, wenn dadurch eine Flachwasserzone ökologisch aufgewertet wird. Zudem können kantonale Behörden Schüttungen für standortgebundene Bauten in überbautem Gebiet bei überwiegend öffentlichem Interesse bewilligen."

Zusammenfassend widerspricht eine Seeschüttung zur Entsorgung von nicht standfestem Aushubmaterial aus dem Kanton Zug dem Gewässerschutzgesetz und ist damit nicht realisierbar. Weitere konzeptionelle Überlegungen und/oder Kostenschätzungen erübrigen sich.

4.9. Planungsrechtliche Alternativen (weniger Bauten im Untergrund)

Mit planungsrechtlichen Anpassungen kann der Aushubanfall bzw. der Anfall von NSF reduziert werden. Konkret sind Vorschriften im kantonalen Baugesetz denkbar, welche das Bauen im Untergrund einschränken oder weniger attraktiv machen. Unter der Voraussetzung, dass das totale Bauvolumen nicht beeinflusst werden soll, muss das unterirdisch eingesparte Bauvolumen oberirdisch angeordnet werden.

Im Kap. 2.7.2 ist aufgezeigt, dass das unterirdische Bauvolumen bei typischen Wohnüberbauungen im Kanton Zug ein Volumen von rund 60 % des oberirdischen Bauvolumens aufweist. Bei einer Reduktion des Aushubs um die Hälfte wird das oberirdische Bauvolumen um rund 30 % ansteigen. Dabei ergeben sich bei unveränderter Einwohner- bzw. Arbeitsplatzzahl zwei Szenarien:

- a) das Siedlungsgebiet wird dichter bebaut (mehr Bauvolumen pro Fläche)
- b) das Siedlungsgebiet wird grösser (gleiches Bauvolumen pro Fläche)

Beim Szenario a) sind die Auswirkungen auf das sichtbare Bauvolumen vergleichbar mit einer Steigerung der Ausnützungsziffer (AZ) um 30 %. Dies entspricht z.B. der Differenz zwischen einer Wohnzone W3 mit einer AZ von 0.5 und einer Wohnzone W4 mit einer AZ von 0.65. Aus siedlungsplanerischer Sicht ist dies eine erhebliche Verdichtung. Zudem würden die im Untergrund wegfallenden Räume (Garagen, Keller, Nebenräume) voraussichtlich im Erdgeschoss angeordnet. Dadurch könnten weniger Parterrewohnungen angeboten werden. Der Bezug zwischen Wohnungen und Aussenraum würde reduziert. Die Überbauungen würden weniger kinderfreundlich und weniger familienfreundlich.

Beim Szenario b) bleiben die Baudichten gleich. Dafür steigt der Flächenbedarf für die Siedlungen entsprechend an. Dies widerspricht dem im Raumplanungsgesetz verankerten Grundsatz nach haushälterischem Umgang mit dem Boden. Zudem wird der Preisdruck auf Bauland in der Region weiter verstärkt.

Zusammenfassend werden planungsrechtliche Alternativen zur Reduktion des Aushubvolumens aus orts- und raumplanerischen sowie sozialen Überlegungen als unzweckmässig beurteilt.

5. Variantenvergleich und Gesamtbeurteilung

5.1. Übersicht

In der folgenden Tabelle sind die wesentlichen Ergebnisse aus der Beurteilung der verschiedenen Varianten zusammengestellt:

Variante	technische Machbarkeit	Flächenbedarf	Kostendifferenz	Elektr. Energie	CO ₂ -Emissionen	Investitionen ¹⁾	Weitere Aspekte
		(m ²)	(Fr./m ³)	(MJ/m ³)	(kg/m ³)		
1. LW-Transport Kanton Luzern	machbar	0	26 - 33	0	4.2 - 8.7	keine	geringe Entlastung für Zuger Landschaft
2. Bahn-Transport Zell (LU)	nicht gesichert	3'000 - 4'000	40 - 60	27	1.3	mittel - gross	geringe Entlastung für Zuger Landschaft
3. Zwischenlagerung	machbar	4'000 - 6'000	10 - 20	0	2.5	klein - mittel	keine Lösung für NSF im engerem Sinn
4. Verfestigung mit Filterstaub	noch nicht bekannt	3'000 - 4'000	25 - 50	0	ca. 2 - 4	klein - mittel	Widerspruch zur TVA
5. Trocknung mit Filterpressen	nicht gesichert	3'000 - 4'000	25 - 40	17 - 26	1.5	sehr gross	
6. Thermische Trocknung	nicht erfasst	3'000 - 4'000	> 50	800 - 1'200 ²⁾	60 - 90 ²⁾	nicht erfasst	energetisch unsinnig
7. Stabilisation mit Kalk / Gips	machbar	0	60 - 70	0	nicht erfasst	keine	Widerspruch zur TVA
8. Seeschüttung	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	verstösst gegen Gewässerschutzgesetz
9. Planerische Massnahmen	machbar	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	nicht erfasst	keine	raumplanerisch und sozial unzumutbar

1) Grössere Investitionen sind ökonomisch kritisch, da nur eine kurze Betriebszeit zu erwarten ist (ab 2015 voraussichtlich stark sinkende Nachfrage), was die Amortisation erschwert.

2) Elektrischer Energiebedarf und CO₂-Emissionen entstehen alternativ (entweder / oder).

Legende:

Realisierbar
Nicht realisierbar

keine Probleme / geringe Auswirkungen
offene Probleme / mittlere Auswirkungen
unlösbare Probleme / sehr grosse Auswirkungen

5.2. Beurteilung

Der **LW-Transport in den Kanton Luzern (Var. 1)** ist technisch erprobt. Er verursacht mittlere Mehrkosten und mittlere bis hohe Umweltauswirkungen.

Beim **Bahn-Transport nach Zell (LU, Var. 2)** ist die technische Machbarkeit nicht gesichert. Zudem sind mittlere bis hohe Mehrkosten, ein erheblicher Flächenbedarf und ein mittlerer Stromverbrauch zu erwarten.

Die **Zwischenlagerung (Var. 3)** ist nur für einen Teil des vernässten Materials wirksam (weniger kritischer Anteil, welcher bei trockenen Verhältnissen gemischt mit standfestem Aushub eingebaut werden kann). Das wirklich kritische Material muss auch bei trockenen Verhältnissen in Becken / Mulden eingebaut werden. Auf die Deponiekapazität von NSF im engeren Sinn (vgl. Kap. 2.1 und 2.2) hat die Zwischenlagerung damit keine Wirkung.

Bei der **Verfestigung mit Filterstaub (Var. 4)** ist die technische Machbarkeit offen. Zudem verstösst das Verfahren gegen ein Prinzip der Technischen Verordnung über Abfälle TVA (keine Vermischung). Auch sind mittlere bis hohe Mehrkosten und ein erheblicher Flächenbedarf zu erwarten.

Bei der **Trocknung mit Filterpressen (Var. 5)** ist die technische Machbarkeit ebenfalls nicht vollständig gesichert. Der Flächenbedarf ist erheblich und die Mehrkosten sind mittel bis hoch. Hinzu kommt ein sehr grosser Investitionsbedarf.

Die **Thermische Trocknung (Var. 6)** ist energetisch unsinnig. Entweder resultiert ein sehr hoher Strombedarf oder eine extrem grosse Umweltbelastung. Aus diesem Grund werden die technische Machbarkeit (voraussichtlich machbar) und die Investitionen (sehr gross) nicht im Detail beurteilt.

Bei allen Alternativen mit grösseren Investitionen, insbesondere den **Varianten Nr. 2, 5 und 6** ist zu beachten, dass die Berechnung der Mehrkosten auf üblichen Amortisationszeiten von 15 Jahren für maschinelle Anlagen und 30 Jahren für industrielle Bauten basiert. Mit den bewilligten und den zukünftig absehbaren Anpassungen von Betriebsabläufen in den Zuger Kiesgruben zeichnet sich für die alternativen Anlagen eine sehr kurze Betriebszeit von lediglich 5 bis 7 Jahren ab. Die Anlagen stellen aus technischer und/oder ökologischer Sicht ohnehin eine nicht unproblematische Investition dar. Mit den zusätzlichen ökonomischen Risiken müssen diese Varianten als nicht realisierbar beurteilt werden.

Die **Stabilisation mit Kalk / Gips (Var. 7)** weist sehr grosse Mehrkosten auf, weil das resultierende Produkt als Inertstoff deponiert werden muss. Zudem verstösst auch dieses Verfahren gegen ein Prinzip der Technischen Verordnung über Abfälle TVA (keine Vermischung).

Eine **Seeschüttung (Var. 8)** ist nicht möglich, weil sie gegen die Vorschriften des Gewässerschutzgesetzes verstösst.

Mit **Planerischen Massnahmen (Var. 9)** entstehen Nachteile im sozialen Bereich. Zudem ist diese Variante aus raumplanerischen Überlegungen unzweckmässig.

Bei einer gesamtheitlichen Beurteilung kann nur die Variante 1, der LW-Transport in den Kanton Luzern als realisierbar bezeichnet werden. Bei allen anderen Alternativen stehen ungelöste technische Probleme, nicht amortisierbare Investitionen, erhebliche Umweltauswirkungen oder gesetzliche Vorschriften entgegen.

5.3. Weiteres Vorgehen

Die vorliegende Untersuchung zeigt, dass die Deponierung von nicht standfestem Aushub (NSF) zukünftig schwergewichtig in Zuger Kiesgruben erfolgen muss. Von allen untersuchten Alternativen ist nur eine Variante, der Lastwagentransport in den Kanton Luzern, realisierbar. Diese Variante hat Mehrkosten zur Folge und verursacht Umweltbelastungen. Sie sollte daher so wenig wie möglich und nur vorübergehend – primär in der Phase bis ca. 2015 – eingeplant werden. Als langfristige Strategie für den Zeitraum danach ist der Lastwagentransport in den Kanton Luzern nicht in grösserem Umfang zu empfehlen.

Die aufgezeigten Probleme bei der Realisierung von Alternativen unterstreichen zudem die grosse Bedeutung, welche die Anpassung der Betriebsabläufe in den Zuger Kiesgruben für die Entsorgung von NSF hat. Die geplanten Anpassungen sind jeweils ohne speziellen Materialumschlag und damit ohne zusätzliche Kosten oder Umweltauswirkungen machbar.

Ohne diese Anpassungen wäre der Handlungsspielraum sehr stark eingeschränkt. Weil keines der alternativen Konzepte langfristig wirklich überzeugend ist, müssten auch weitere Deponiestandorte im Kanton Zug gesucht und geprüft werden.

Dank den bereits bewilligten Anpassungen (Bethlehem) ist die NSF-Problematik im Kanton Zug für den kurz- und mittelfristigen Horizont erheblich entschärft ("Deponielücke" ab 2009 bis 2015 lediglich 25'000 m³/a statt 50'000 m³/a). Mit den zukünftig absehbaren Anpassungen (Cham-Oberwil) wird das NSF-Problem auch langfristig vollumfänglich gelöst. Das in den Zuger Kiesgruben verfügbare NSF-Deponievolumen wird ab ca. 2015 mindestens bis 2025 leicht höher sein als der prognostizierte, jährliche Materialanfall.

Eine zusätzliche Entlastungswirkung ergibt sich durch die bewilligte Deponie Langfeld in Rotkreuz und allfällig durch die beiden geplanten Deponien Stockeri in Meierskappel und Rüti in Cham. Sofern die geplante Deponie Stockeri realisiert werden kann, steht über mehrere Jahre ein NSF-Volumen von rund 10'000 m³/a zur Verfügung. Vor diesem Hintergrund stehen weitere Deponien zur Entsorgung von NSF nicht mehr zur Diskussion.

Unter der Voraussetzung, dass die Anpassungen im Raum Cham/Oberwil – wie geplant und im vorliegenden Bericht geschildert – realisiert werden können, sind im Bereich NSF-Deponierung auf mehrere Jahre hinaus keine planerischen Schritte erforderlich.

Im Sinne der Vorsorge wird empfohlen, bei zukünftigen Abbauprojekten die Auffüllung von Anfang an so zu planen, dass permanent ein ausreichender Teil des Auffüllvolumens für NSF genutzt werden kann.

5.4. Genauigkeit von Zahlenangaben

In der vorliegenden Untersuchung ging es darum, mit verhältnismässigem Aufwand zu eindeutigen Aussagen zu kommen. Verschiedene Berechnungen basieren auf Modellen, einzelne Annahmen sind bewusst stark vereinfacht. Zudem stand bei den Kosten und den Umweltauswirkungen das Verhältnis der einzelnen Varianten zueinander im Vordergrund, dagegen waren die absoluten Zahlen von untergeordneter Bedeutung.

Das Kapitel 5.2 zeigt, dass mit den resultierenden, relativ groben Ergebnissen eine schlüssige Beurteilung aller untersuchten Varianten möglich ist. Im Rahmen der NSF-Planung erübrigen sich detailliertere Modellierungen oder Berechnungen. Verschiedene Zahlenangaben im Bericht weisen aber – insbesondere absolut betrachtet – eine reduzierte Genauigkeit auf. Vor einer allfälligen Weiterverwendung sind die Daten daher zu verifizieren und die Berechnungsmodelle bei Bedarf zu verfeinern.

6. Literaturverzeichnis

- [1] Abfallplanung des Kantons Zug, Amt für Raumplanung, Zug, 2007
- [2] BAFU: Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs, Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 355, Version 2.1, Bern, Februar 2004
- [3] www.ecotransit.org/sbb, Abfrage Juli 2009
- [4] Technische Verordnung über Abfälle, Bern, 10. Dez. 1990, aktueller Stand
- [5] Gewässerschutzgesetz, Bern, 24. Januar 1991, aktueller Stand
- [6] BAFU-Mitteilung Nr. 32 zum Gewässerschutz, Bern, 1999

7. Beilagenverzeichnis

Auswertung von Internet-Recherchen und Telefonauskünften

Beilage 1

Aushubdaten von aktuellen Wohnüberbauungen

Beilage 2

Auswertung von Internet-Recherchen und Telefonauskünften

Entsorgungsort	Bahn-anschluss	Deponiegebühren in Fr./m3			Bemerkungen
		standfest	nass	NSF	

1. Entsorgung von NSF möglich

KIBAG, KG Edlibach	nein	18.00	23.00	28.00	Kapazitäten für NSF ab sofort bis 2015: mindestens 25'000m3/a, danach total 250'000 bis 300'000 m3, noch ohne konkrete Jahresfrachten
Risi AG, KG Oberwil	nein	20.50	24.50	28.50	Kiesgrube Hübscherhof wird kurzfristig abgebaut, ab ca. 2015 sollen ca. 200'000 für NSF zur Verfügung stehen. Zusätzlich Umstellung des Abbauvorgangs in Kiesgrube Äbnetwald in Planung, Wirkung ab ca. 2020, Umfang 30-35'000 m3/a
Lötscher Tiefbau AG, Deponie Littau	nein	-	20.50	36.00	hat Interesse und ausreichend Kapazität (bei Bedarf "ein paar 1'000 m3" pro Woche), Voranmeldung, da Zeitbedarf für Vorbereitungsarbeiten. Fr. 36 gelten für wirklich sehr schlechtes Material, je nach Qualität werden auch Mischpreise gemacht, Langfristiger Betrieb nicht gesichert (Reserven laufen aus)
Marti AG, Kiesgrube Zell. LU	ja	12.00	16.00	23.00	hat Interesse und Kapazität für ca. 20'000 m3/a, kostenseitig kommen ca. Fr. 8.- für Weitertransport mit LW ab SBB-Station bis Kiesgrube hinzu, verarbeitet zurzeit gepressten Schlamm aus der NEAT-Baustelle mit einem Wassergehalt von 30 %

2. Zur Entsorgung von NSF nur bedingt geeignet (kleine Mengen / kurzfristiger Horizont / nicht gesichert)

Kiesgrube Gemeinde Ballwil LU	nein	15.00	21.00	offen	Preis NSF von effektiver Qualität abhängig, Einbau total ca. 80'000 m3/a, für 2 bis 3 Jahre gut geeignet für NSF in grösserem Ausmass, danach wieder schwieriger, evtl. Mengenbeschränkung seitens uwe
Kiesgrube Gemeinde Eschenbach LU	nein	15.50	-	30 - 35	Annahme von NSF nur in beschränktem Ausmass; in der Kiesgrube sind aus Platzgründen nur kleine Nasszelle vorhanden
Lötscher AG: KG Eschenbach LU	nein	14.50	21.00	30.00	Annahme von NSF nur in beschränktem Ausmass; ungeeignete Topografie, Hügel muss rekultiviert werden
Toggenburger AG, KG Glattfelden ZH	nein	12 - 14	-	22 - 34	Preis NSF von Qualität abhängig, Entscheid pro Baustelle, zurzeit eher geringes Interesse an "fremdem" NSF, da sehr grosser Aushubanfall im Raum Zürich aus div. Tunnelbaustellen,
KIBAG, KG Birr, AG	nein	18.00	-	30 - 50	NSF kann nur in sehr kleinem Umfang angenommen werden, Platzprobleme. Bei grösseren Lieferungen wären im Voraus präzise Verträge mit fixierten Mengen und Terminen erforderlich, Bahnanschluss nur für Abtransport von Kies, nicht für Zufuhr von Aushub

Auswertung von Internet-Recherchen und Telefonauskünften

Entsorgungsort	Bahn-anschluss	Deponiegebühren in Fr./m3			Bemerkungen
		standfest	nass	NSF	

2. Zur Entsorgung von NSF nur bedingt geeignet (kleine Mengen / kurzfristiger Horizont / nicht gesichert)

Fortsetzung

Deponie Aarhus, Küssnacht (Ehrler Transporte)	nein	17.50	20.00	ca. 25	zurzeit (3 bis 4 Monate) keine Annahme von nicht NSF, später nur aus Gemeinde Risch zulässig, (Auflage AfU SZ) zudem keine relevanten Mengen verarbeitbar
Muldenzentrale Zürich, MUZ	nein	29.00	-	55.00	Preis für "fliessend" auf Anfrage, sehr hohe Preise, zusätzlich Transportkosten
Deponie Langfeld, Rotkreuz	nein	20.50	24.50	-	aus topografischen Gründen kein Einbau von NSF in grösseren Mengen möglich, denkbar ist in günstigen Phasen der Einbau von max. 5'000 m3/a, das Mischen von weniger kritischem, vernässtem Aushub wird praktiziert.
Deponie Stockeri, Meierskappel	nein	-	-	-	Das Projekt ist durch Einsprachen blockiert. Bei einer Realisierung könnte voraussichtlich NSF in der Grössenordnung von 10'000 m3/a deponiert werden.
Deponieprojekt Rüti, Cham	nein	-	-	-	je nach definitiver Grösse ist der Einbau von rund 5'000 m3/a NSF möglich, das Projekt ist nicht gesichert (kann allfällig unterstützend wirken).

3. Keine Entsorgung von NSF möglich

Sand AG, KG Neuheim	nein	19.00	23.50	-	zurzeit keine Annahme von nicht NSF, zukünftig (3 bis 5 Jahre) Annahme evtl. möglich, vgl. Bericht Kap. 2.6.3
Holcim AG, KG Hüntwangen (Rafzerfeld)	ja	ca. 16	ca. 30	-	NSF wird nicht angenommen, nicht ausreichend Platz, (Bahntransport von NSF schon ohne Erfolg versucht, Dichtigkeitsprobleme)
Kiesgrube Wilchingen, SH	ja	-	-	-	keine Annahme von nicht NSF (grosse Einbautiefen erfordern stabiles Material)
Toggenburger AG, KG Wil (Rafzerfeld)	ja	-	-	-	ist praktisch voll, zurzeit wird gar kein Material mehr angenommen, für Abschlussarbeiten allfällig noch geringe Mengen standfester Aushub,
KG Weiach, Rafzerfeld	ja	16 - 20	-	-	keine Annahme von NSF, Material muss stichfest bzw. stapelbar sein, aktuell überhaupt keine relevante Wagen- und Deponiekapazität wegen Grossbaustellen im Raum Zürich (Gubristtunnel, Weinbergtunnel)
Gloggner AG, Deponien Büel, Emmen / Schlatt, Rothenburg	nein	-	-	-	nimmt NSF nur bei Eigentransporten an, Preis abhängig von Menge und Zeitpunkt, mitbestimmt durch jeweilig aktuelle, innerbetriebliche Situation
Deponie Beinwil, AG (Freiamt)	nein	-	-	-	Deponie praktisch abgeschlossen, keine Annahme von NSF
Deponie Aarhus, Küssnacht	nein	-	-	-	Teil Saredi: zurzeit im Abschluss, keine Annahme von NSF
Deponiestudie Dietwil AG	nein	-	-	-	Konzept für Richtplaneintrag Deponie vorhanden, ca. 20 % von 900'000 m3 Deponievolumen für NSF geeignet
Deponieprojekt Mühlau AG	nein	-	-	-	negativer Entscheid der Gemeinde zu Deponieprojekt (Frühjahr 2009)

**Zusammenstellung der Aushubdaten aktueller Wohnbauvorhaben
Ermittlung des durchschnittlichen Aushubvolumens für eine Wohnung (Whg.)**

Nr.	Objekt	Ort	Bauherr	Aushub total m3 lose	Anzahl Whg.	Aushub pro Whg. m3 lose
1	Merkur	Baar	Wohnhof AG	5'000	14	357
2	Chriesimatt	Baar	Heini Schmid, Baar	40'000	100	400
3	Rotte Trotte	Baar	Alfred Müller AG	25'000	56	446
4	Lorze	Hagendorn	Konsortium Lorze	45'000	76	592
5	Kirchbüel	Cham	Konsortium Kirchbüel	27'500	46	598
6	Allrüti	Rotkreuz	Konsortium Schwerzmann	18'000	28	643
7	Haselbach	Maschwanden	Risi AG	18'000	25	720
8	Weinberghöhe	Zug	Alfred Müller AG	35'000	48	729
9	Sinserstrasse	Cham	Zollweid Immobilien	5'500	6	917
10	Loretohöhe	Zug	Alfred Müller AG	9'300	9	1'033
Summe / Mittelwert über alle Projekte				228'300	408	560
Summe / Mittelwert über Projekte mit mehr als 20 Whg.				208'500	379	550